

Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte

Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die
Entwicklung des Interesses an Physik

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades
doctor rerum naturalium
(Dr. rer. nat.)
im Fach Physik

eingereicht an der
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät I
Humboldt-Universität zu Berlin

von
Herr Dipl.-Phys. Pascal Guderian
geboren am 01.12.1975 in Bremerhaven

Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin:
Prof. Dr. Christoph Marksches

Dekan der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät I:
Prof. Dr. Christian Limberg

Gutachter:

1. Prof. Dr. Lutz-Helmut Schön
2. Prof. Dr. Manuela Welzel
3. Prof. Dr. Burkhard Priemer

eingereicht am: 2. November 2006
Tag der mündlichen Prüfung: 12. Februar 2007

Zusammenfassung

Die nur durchschnittlichen Ergebnisse vor allem in den Naturwissenschaften deutscher Schüler in internationalen Vergleichsstudien motivierten vielfältige Initiativen zur Gründung außerschulischer Lernorte. Diese haben u. a. das Ziel, dem schwindenden Interesse z. B. an Physik entgegenzutreten und so neben der Schule einen Beitrag zur naturwissenschaftlichen Grundbildung der Schüler zu leisten. Eine Variante dieser Lernorte sind so genannte Schülerlabore, in denen Schüler die Möglichkeit haben, sich intensiv mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen zu beschäftigen und selbständig Experimente durchzuführen. Wenig erforscht ist jedoch die Wirksamkeit dieser Einrichtungen bezogen auf kognitive und affektive Ziele.

Die vorliegende explorative Arbeit geht der Frage nach, wie sich das Interesse von Schülern der fünften und achten Jahrgangsstufe an Physik bei dreimaligen Besuchen eines Schülerlabors innerhalb eines Schulhalbjahres entwickelt. Zusätzlich ergründet sie am Beispiel der Anfangsoptik, wie sich eine von fachdidaktischer Seite geforderte Einbindung der Besuche in das laufende Curriculum auf die Interessenentwicklung auswirkt.

Die Ergebnisse der auf Fragebogenerhebungen gestützten Studie lassen die Vermutung zu, dass Besuche eines Schülerlabors altersübergreifend lediglich kurzfristig positive Effekte hervorrufen. Das durch den Besuch gesteigerte Interesse geht bereits innerhalb weniger Wochen wieder verloren. Ein anfängliches Interessenniveau kann nur durch einen erneuten Besuch annähernd wieder erreicht werden. Die Besuche können somit nur den aus der psychologischen Forschung bekannten "Catch"-Faktoren zugeordnet werden. Diese können zwar als wirksames Mittel dienen, kurzfristig das Interesse zu wecken, sie sind jedoch nicht imstande, dieses mittelfristig aufrecht zu halten. Für eine Genese langfristig wirkender Interessen sind so genannte "Hold"-Komponenten erforderlich, die für eine Stabilisierung sorgen. Die vorliegende Arbeit gibt Hinweise darauf, dass dies durch eine thematische und methodische Einbindung der Besuche in das laufende Curriculum gewährleistet werden kann. Lehrer und Betreiber von außerschulischen Lernorten sollten dies daher zum Anlass nehmen, ihre Bildungsabsichten stärker miteinander abzustimmen.

Abstract

International assessment studies revealed mediocre results of german students especially in science and thus motivated several initiatives to establish extracurricular learning facilities. Among others these facilities aspire to overcome the decreasing interest as for instance in physics and to contribute to students' scientific literacy. One type of these informal learning settings are so-called science labs for school students. There, students have the chance to occupy themselves with scientific problems and to conduct experiments autonomously. Research concerning the effectiveness of these facilities regarding both cognitive and affective aims is scarce though.

The present explorative study examines the impact of three visits to a science lab for school students on the development of interest in physics of 5th- and 8th-grade students. In addition, taking optics as an example it investigates the effectiveness of an integration of the visits into the current school curriculum as demanded frequently.

Surveyed by questionnaires the results of the study give rise to the assumption that visits to a science lab cause positive effects only on a short time scale for all investigated age groups. The increased interest immediately after the visit declines within a few weeks. An initial level can only be reached by a subsequent visit. Hence, visits can only be assigned as "catch"-facets as known in psychological research. Therefore they can serve as an effective means to arouse interest but they are not capable of sustaining it on a mid term time scale. The genesis of long term interest requires so called "hold"-facets, which in turn stabilise the interest. The present study indicates that this stabilisation can be obtained by a thematic and methodical integration of the visits into the ongoing curriculum. Thus, teachers and carriers of extracurricular learning facilities should strive for a coordination of their educational objectives.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
I	Theorie	5
2	Außerschulische Lernorte	7
2.1	Informelles Lernen	7
2.1.1	Definition des informellen Lernens	7
2.1.2	Informelles Lernen und Lernziele	10
2.2	Untergruppen außerschulischer Lernorte	13
2.2.1	Ausflüge: Field-Trips	14
2.2.2	Museen, Science Center, Zoos, Aquarien	14
2.2.3	Schülerlabore	15
2.3	Forschung zu außerschulischen Lernorten	16
2.3.1	Forschung zu kognitiven Lernzielen	16
2.3.2	Forschung zu affektiven Lernzielen	28
2.4	Einbindung in den Schulunterricht: reale Situation	37
3	Interesstheorie	41
3.1	Gegenstandsbegriff	41
3.2	Selbstbestimmungstheorie	42
3.3	Interessenkonstrukt	44
3.4	Komponenten des Interesses	45
3.5	Interessengenese	47
3.6	Induzierung von Interesse	49
3.7	Interessenabfall in den Naturwissenschaften	52
3.8	Interesse und Schülerlabor	54
4	Das Optikcurriculum	57
4.1	Vom Sehen zur Optik – Anfangsunterricht	59
4.1.1	Licht und Schatten	59

4.1.2	Spiegelwelt	63
4.1.3	Optische Hebung	69
4.2	Die Fermatoptik – Mittelstufe	81
4.3	Die Zeigeroptik – Oberstufe	84
II	Methoden	89
5	Aufbau der Untersuchung	91
5.1	Untersuchungsbedarf	91
5.2	Forschungsfragen	92
5.3	Untersuchungstyp	92
5.4	Untersuchungsdesign	93
5.5	Messinstrumente	96
6	Das UniLab	97
6.1	Konzeption des UniLab	97
6.2	Optik-Module	100
6.2.1	Modul 1: Licht und Schatten	100
6.2.2	Modul 2: Spiegelwelt	101
6.2.3	Modul 3: Farben	103
III	Ergebnisse und Diskussion	107
7	Ergebnisse der 5. Klassen	109
7.1	Aktuelles Interesse	109
7.1.1	Emotionale Komponente	109
7.1.2	Wertbezogene Komponente	111
7.1.3	Epistemische Komponente	113
7.2	Diskussion der Ergebnisse zum aktuellen Interesse	114
7.2.1	Emotionale Komponente	114
7.2.2	Wertbezogene Komponente	117
7.2.3	Epistemische Komponente	118
7.3	Individuelles Interesse	120
7.3.1	Ergebnisse	120
7.3.2	Diskussion	121
7.4	Einfluss des individuellen Interesses auf das aktuelle Interesse .	122
7.4.1	Ergebnisse	122
7.4.2	Diskussion	124
7.5	Einfluss des Geschlechts auf die Interessenentwicklung	126

7.5.1	Ergebnisse	126
7.5.2	Diskussion	127
7.6	Zusammenfassung	128
	Hypothesen	130
8	Ergebnisse der 8. Klassen	131
8.1	Aktuelles Interesse	131
8.1.1	Emotionale Komponente	131
8.1.2	Wertbezogene Komponente	133
8.1.3	Epistemische Komponente	136
8.2	Diskussion der Ergebnisse zum aktuellen Interesse	138
8.2.1	Emotionale Komponente	138
8.2.2	Wertbezogene Komponente	140
8.2.3	Epistemische Komponente	141
8.3	Individuelles Interesse	144
8.3.1	Ergebnisse	144
8.3.2	Diskussion	145
8.4	Einfluss des individuellen Interesses auf das aktuelle Interesse .	145
8.4.1	Ergebnisse	145
8.4.2	Diskussion	147
8.5	Einfluss des Geschlechts auf die Interessenentwicklung	149
8.5.1	Ergebnisse	150
8.5.2	Diskussion	152
8.6	Zusammenfassung	153
	Hypothesen	154
9	Ergebnisse des Vergleichs der 5. und 8. Klassen	155
9.1	Aktuelles Interesse	155
9.1.1	Emotionale Komponente	155
9.1.2	Wertbezogene Komponente	156
9.1.3	Epistemische Komponente	157
9.2	Diskussion der Ergebnisse zum aktuellen Interesse	157
9.2.1	Emotionale Komponente	157
9.2.2	Wertbezogene Komponente	159
9.2.3	Epistemische Komponente	160
9.3	Individuelles Interesse	162
9.3.1	Ergebnisse	162
9.3.2	Diskussion	162
9.4	Einfluss des individuellen Interesses auf das aktuelle Interesse .	162
9.4.1	Ergebnisse	162
9.4.2	Diskussion	163

9.5 Zusammenfassung	164
Hypothesen	165
10 Zusammenfassung und Ausblick	167
11 Anhang	185

Kapitel 1

Einleitung

In den letzten Jahren ist eine verstärkte öffentliche Diskussion über den Bildungsstand von Schülern und im Zusammenhang damit die Konkurrenzfähigkeit des deutschen Schulsystems entstanden. Insbesondere der starke Abfall des Interesses von Schülern an Physik, der bereits in der Mittelstufe zu verzeichnen ist, bereitet Sorgen in einer Gesellschaft, die zunehmend vom technischen Fortschritt abhängig ist und deren Zukunftsfähigkeit entscheidend davon bestimmt wird, dass sich ihre Bürger angemessen mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen auseinandersetzen können und wollen.

Außerschulische Lernorte wie Science Center oder Museen entsprechender Ausrichtung versuchen mit vielfältigen Angeboten neben der Schule einen positiven Beitrag zur naturwissenschaftlichen Grundbildung der Schüler zu leisten. Sie bieten mehr oder weniger informell geprägte Lernumgebungen mit unterhaltsamen Zugängen zu naturwissenschaftlichen Themen, die Ängste und Vorbehalte der Schüler abbauen helfen und einen Beitrag zur Förderung des Interesses an Naturwissenschaften leisten sollen.

Eine neue Variante solcher Lernorte stellen so genannte Schülerlabore dar. Mehr als 200 dieser im Wesentlichen an Forschungseinrichtungen und Universitäten entstandenen Institutionen sind in den letzten Jahren in Deutschland eröffnet worden. In diesen Schülerlaboren haben Schüler im Allgemeinen die Möglichkeit, sich intensiv mit naturwissenschaftlichen Problemen zu beschäftigen und selbständig Experimente durchzuführen. Dabei stellen die Schülerlabore Rahmenbedingungen bereit, die Schulen meist nicht bieten können. Besuche dieser Einrichtungen im Klassenverband gelten daher als willkommene weil bereichernde Abwechslung zum regulären Unterricht und erfreuen sich gerade deshalb einer zunehmenden Beliebtheit bei Lehrern.

Ob *außerschulische Lernorte* halten, was sie versprechen, ist bislang wenig erforscht. Wirksamkeitsanalysen von Besuchen in *außerschulischen Lernorten* sind in Deutschland noch rar. Vor allem auf dem jungen Gebiet der

Schülerlabore steht die Zahl der Forschungsarbeiten in keinem Verhältnis zu der zunehmenden bildungspolitischen Relevanz. So wurde bisher nicht ausreichend geklärt, welche kognitiven und affektiven Lernziele durch Besuche *außerschulischer Lernorte* erreicht werden können und welche Parameter für die einzelnen Ziele verantwortlich sind. Hinsichtlich einer kritischen Auseinandersetzung mit den positiven und negativen Folgen einer insbesondere von fachdidaktischer Seite geforderten stärkeren Einbindung der Besuchereignisse in den Schulunterricht sind kaum Forschungsarbeiten zu finden. Wohlwollende Vermutungen und übertriebene Hoffnungen u. a. von Seiten der Betreiber *außerschulischer Lernorte* lassen sich jedoch nicht aufrechterhalten in einer Zeit, in der viele Mittel aus privater und öffentlicher Hand investiert werden, um ein breit zugängliches Netz an *außerschulischen Lernorten*, insbesondere Schülerlaboren, aufzubauen. Speziell die fachdidaktische Forschung sollte es daher als Ziel ansehen, Wirkungszusammenhänge zu entdecken, Vermutungen und Hypothesen aufzustellen und zu testen, um daraus schließlich eine Handlungspraxis abzuleiten, die sich in einem wirkungsvolleren und verbesserten Unterricht niederschlägt.

Vor dem Hintergrund dieser Situation wird hiermit eine Studie vorgelegt, die zwei bisher wenig beachtete Aspekte bei Besuchen im *außerschulischen Lernort* Schülerlabor berücksichtigt. In der vorliegenden Arbeit wird gefragt, wie sich das Interesse von Schülern zweier unterschiedlicher Klassenstufen bei mehrfachen Besuchen eines Schülerlabors entwickelt und wie sich eine eingehende Verknüpfung der Besuche mit dem Unterricht auswirkt. Die Arbeit versucht damit einen Beitrag zur Wirksamkeitsanalyse zu leisten und Wechselbeziehungen aufzuzeigen, von denen zu hoffen ist, dass sie sich in einer verbesserten Verknüpfung von Schule und *außerschulischem Lernort* manifestieren.

Die Arbeit wird durch eine ausführliche Vorstellung der Forschungsarbeiten zu *außerschulischen Lernorten* aus den letzten Jahrzehnte eröffnet. Im Laufe des Kapitels werden die Vor- und Nachteile des Lernens in *außerschulischen Lernorten* aufgezeigt und daraus das Erfordernis der in dieser Arbeit beschriebenen Untersuchung abgeleitet. Das darauf folgende Kapitel zur psychologischen Theorie des Interesses schafft die Grundlage für eine fundierte Auseinandersetzung mit den Ergebnissen der Studie. Der in einem Teil der Untersuchung näher zu betrachtende Zusammenhang zwischen einer Einbindung der Besuchereignisse in den Unterricht und den daraus resultierenden Folgen für die Interessenentwicklung macht ein spezielles Untersuchungsdesign erforderlich. So werden die Lerneinheiten im Schülerlabor aus einem bereits bestehenden Curriculum zur Anfangsoptik entwickelt, welches im abschließenden Theoriekapitel eingehend beschrieben wird. Es folgt der Methodenteil mit einer Beschreibung der verwendeten Erhebungsinstrumente, des

Designs und des genutzten Schülerlabors. Der letzte Teil der Arbeit widmet sich der Präsentation und Diskussion der Ergebnisse, die in Schlussfolgerungen und Handlungsanweisungen für die Schulpraxis kulminieren.

Teil I
Theorie

Kapitel 2

Außerschulische Lernorte

In diesem Kapitel wird der Aspekt des informellen Lernens ausgeführt und gegenüber dem formellen Lernen abgegrenzt. Eine anschließende Beschreibung naturwissenschaftlich ausgerichteter außerschulischer Lernorte leitet über zur Behandlung von Wirksamkeitsanalysen bezogen auf bestimmte Lernziele, die das Erfordernis der in dieser Arbeit vorgestellten Untersuchung deutlich machen. Trotz der großen Bandbreite unterschiedlicher Angebote lassen sich grundsätzliche Gemeinsamkeiten außerschulischer Lernorte finden, die es erlauben, dass sich die jeweiligen Ergebnisse aufeinander beziehen lassen und übertragbar sind.

2.1 Informelles Lernen

2.1.1 Definition des informellen Lernens

In der öffentlichen Wahrnehmung beanspruchen Schulen das Bildungsmonopol. Dennoch existieren viele weitere Quellen, aus denen Menschen (im Speziellen Kinder oder Schüler) lernen. Neben reinen Umgebungsbedingungen wie Elternhaus oder Peer-Groups und ökonomische, politische und soziale Voraussetzungen, beeinflussen auch ganz konkrete, weniger als Lernhandlungen erkannte Vorgänge das Lernen. Dazu zählen neben dem Fernsehen, dem Beschäftigen mit Videospielen bzw. das Lesen in Büchern, Zeitschriften oder Zeitungen auch Besuche in Museen, Science Centern, Zoos oder gar das Spielen auf dem Spielplatz. Dieses *außerschulische Lernen* kann dabei Ausmaße annehmen, dass es sogar die Einflüsse der Schule überdeckt. Schibeci (1989) zitiert in diesem Zusammenhang aus Averch et al. (1974): "[...] the evidence appeared to indicate that factors outside of schools have a strong influence on students' educational outcomes, perhaps strong enough to swamp the effects

of variations in educational practices.” Wild (2003) unterstreicht dies, indem sie aus Krumm (1990) zitiert:

”Die Unterrichtsforschung ist bis zu einem gewissen Grad Opfer ihres Ansatzes geworden. Sie hat über ihre das scheinbare Forschungsterrain absteckenden Begriffe ’Schule’ und ’Unterricht’ vergessen, dass es auch für sie noch andere relevante Lernorte gibt als die Schule. Sie hat ihren Gegenstandsbereich unnützig und unangemessen eingengt auf ’Schullernforschung’. Sie schaut genau so wenig wie der Lehrer über den Zaun des Klassenzimmers oder der Schule hinaus.”(Krumm, 1990, S. 41)

unbewusste Begegnung mit unbeabsichtigten Quellen	bewusste Begegnung mit beabsichtigten Quellen
unbewusste Begegnung mit beabsichtigten Quellen	bewusste Begegnung mit unabsichtlichen Quellen

Tabelle 2.1: Einteilung des informellen Lernens nach Lucas (1983).

Das informelle Beschäftigen mit beispielsweise naturwissenschaftlichen Gegenständen und das daraus resultierende Lernen kann auf vier Arten geschehen: Einerseits kann man sich bewusst auf das Lernen einlassen, indem man sich an einem Sonntagnachmittag vornimmt, ein Science Center zu besuchen, ein durchaus auch für diese Gelegenheit konzipierter Lernort.¹ Andererseits lernt ein Kind unbewusst etwas über Hebelgesetze, wenn es sich mit einem anderen zum Wippen auf dem Spielplatz trifft, einem ”Lernort”, der als solcher nicht ursächlich gedacht ist. Mischformen sind ebenfalls denkbar. Ein Kind kann etwas über Raumfahrt erfahren, indem es ein Science-Fiction-Roman liest (unbewusste Begegnung mit beabsichtigten Quellen) oder auch etwas über das Sinkverhalten verschiedener Körper in der Badewanne (bewusste Begegnung mit unbeabsichtigten Quellen). Lucas (1983) schlägt ein 2x2-Raster vor, mit dem man das informelle Lernen vor diesem Hintergrund einordnen kann (Tabelle 2.1).

¹Selbstverständlich ist es auch denkbar, dass sich Personen für den Besuch eines Science Centers aus Gründen der Unterhaltung oder des sozialen Erlebnisses entschließen. Da sich die Mehrzahl der Besucher jedoch eher für den Besuch eines Museums entscheiden, weil sie mehr über die ausgestellten Dinge erfahren wollen (siehe z. B. McManus, 1992), wird dies mit einer bewussten Begegnung identifiziert.

Dem informellen Lernen steht das formelle Lernen in der Schule gegenüber. Dieses ist begleitet von Zwängen. Die Schüler haben im Allgemeinen keine Möglichkeit, die Inhalte und die Art ihrer Vermittlung frei zu wählen. Wellington (1990) hat die jeweiligen Charakteristiken dieser Lernformen zusammengestellt, um über eine Abgrenzung vom formellen Lernen zu einer Definition des informellen Lernens zu kommen (siehe Tabelle 2.2).

Informelles Lernen	Formelles Lernen
freiwillig	vorgeschrieben
planlos, unstrukturiert	strukturiert
unbewertet	bewertet
ohne vorgegebenes Ende	geschlossen
lerner gesteuert	lehrer gesteuert
lerner zentriert	lehrer zentriert
außerhalb von formellen Orten	klassenraumbasiert
außerhalb des Schulkontextes	Schulkontext
nicht-curriculumbasiert	curriculumbasiert
ungeplant	geplant
viele unbeabsichtigte Ergebnisse	weniger unbeabsichtigte Ergebnisse
sozialer Kontakt / kollaborativ	Einzelarbeit
ungeregelt	vom Lehrer vorgegeben

Tabelle 2.2: Merkmale von formellen und informellen Lernen (nach: Wellington, 1990; Ramey-Gassert et al., 1994).

Aus dieser Definition ergibt sich eine scharfe Abgrenzung des informellen zum formellen Lernen. Eine derartig strenge Dichotomie vereinfacht die Situation jedoch zu sehr. Es lassen sich durchaus Mischformen finden: Ein Besuch in einem Museum beispielsweise kann ebenso verpflichtend wie auch strukturiert sein (die Teilnahme einer Führung verletzt z. B. die Punkte "lerner gesteuert", "planlos" oder "ungeregelt"). Unterricht in der Schule dagegen kann über Projektarbeiten oder entsprechende Gestaltung der Unterrichtsstunden ebenso informelle Charakteristiken aufweisen. Hofstein und Rosenfeld (1996) ziehen daher nach Crane et al. (1994) dieser zu engen Definition einen "Hybrid Approach" vor:

"Informal learning refers to activities that occur outside the school setting, are not developed to be part of an ongoing school cur-

riculum, and are characterized by voluntary as opposed to mandatory participation as part of a credited school experience.” (S. 90)

Diese Definition scheint auf dem ersten Blick ähnlich zu der nach Wellington (1990). Doch schränken Crane et al. (1994) ein:

”Informal learning activities also may serve as a supplement to formal learning or even be used in schools or by teachers, but their distinguishing characteristic is that they were developed for out-of-school learning in competition with other less challenging uses of time”. (Hofstein und Rosenfeld, 1996 nach Crane et al., 1994, S. 90)

Demnach ist es möglich, informelle Lerneinheiten in formellere Rahmenbedingungen einzupassen, ohne dass sie dabei ihre speziellen Eigenschaften verlieren. Ausflüge von Schulklassen in Museen, Science Centern oder Schülerlaboren tragen daher trotz ihrer Einbettung in ein formelleren Kontext (dem Schulunterricht) zu der informellen Lernerfahrung bei. Die vorliegende Arbeit beruft sich daher im weiteren Verlauf auf diesen ”Hybrid Approach”, da sie Schüler untersucht, die sich im Klassenverband an Besuchen in einen Schülerlabor beteiligten. Abschnitt 2.3 geht vor diesem Hintergrund der Frage nach, wie groß der Einfluss außerschulischer Lernorte auf das Lernen von Schülern ist bzw. sein kann. Demnach wird sich diese Arbeit gemäß Tabelle 2.1 hauptsächlich mit dem bewussten Umgang mit als für solche Zwecke auch intendierten informellen Lernorten beschäftigen.

2.1.2 Informelles Lernen und Lernziele

Es scheint offenkundig, dass das Lernen in außerschulischen Lernorten² anderen Gesetzmäßigkeiten und Prozessen unterworfen ist als das Lernen in der Schule. Die meist unstrukturierte, planlose und vom Lerner selbstbestimmte Lernerfahrung beim informellen Lernen stellt eine Antipode zum Schulunterricht dar. Dies hat zur Folge, dass außerschulischen Lernorten die Fähigkeit abgesprochen wird, Wissen vermitteln zu können. Gerade die Tatsache, dass sich Museen oder ähnliche Einrichtungen auch die Unterhaltung einer möglichst großen Zielgruppe zum Ziel setzen, ohne sie überfordern zu wollen, wiegt dabei schwer: ”[...] when education and entertainment are brought together under the same roof, education seems to be the loser” (Shortland, 1987).

²Im weiteren Verlauf dieser Arbeit sollen Lernorte, die einige oder alle der in Tabelle 2.2 aufgeführten Eigenschaften besitzen, *außerschulische Lernorte* genannt werden.

Wellington (1990) berichtet von Eltern, die beim Betrachten ihrer Kinder in einem Science Center erklären: "[...] because children appear to be 'playing' in hands-on centres they can't be learning". Auch Schüler haben das Gefühl nichts zu lernen, wenn sie ein anderes Lernverhalten als in der Schule an den Tag legen sollen: Griffin (1994) beschreibt Schüler, die nicht glaubten, etwas zu lernen, weil sie bei einem Besuch in einem Museum keine Arbeitsblätter abarbeiten mussten. "There seemed to be a strong belief that 'just looking around' did not count as learning [...]. Interestingly it seemed that most teachers had the same view". Sowohl Eltern, Lehrer und sogar die Schüler legen beim Besuch eines außerschulischen Lernorts demnach Kriterien an das Lernen an, die sehr von den Erfahrungen in der Schule bestimmt sind. Lernen wird dabei gleichgesetzt mit dem Anhäufen von Wissen. Dabei ist das informelle Lernen nicht unbedingt mit dem formellen Lernen in der Schule vergleichbar, wo eher das Lernen abprüfbaren Wissens im Vordergrund steht und die Lernleistung die Noten bestimmt. Beim informellen Lernen liegt der Fokus vielmehr auf einer positiven Erfahrung im Umgang mit einem bestimmten Inhalt oder einer bestimmten Handlung, deren Auswirkungen auf den kognitiven Lernerfolg mit den Instrumenten des Schulunterrichts nicht unbedingt nachweisbar sind. Darin zeigt sich – neben anderen Gesichtspunkten, auf die später noch eingegangen wird³ – auch die Schwierigkeit bei der Evaluation und Wirksamkeitsbetrachtung außerschulischer Lernorte. Denn Lernen beinhaltet auch Aspekte, die in der Schule mitunter vernachlässigt werden.

Generell können Lernziele entsprechend einer Taxonomie von Bloom et al. (Krathwohl et al., 1978) in drei Bereiche unterteilt werden: *kognitiv*, *affektiv* und *psychomotorisch*. Tabelle 2.3 zeigt einige Unterkategorien, die diese Einteilung weiter ausdifferenzieren. Natürlich treffen diese Lernziele auch auf Schulen zu. Doch liegt, aller Bemühungen zum Trotz, vor allem die Verbesserung der kognitiven Komponente im Fokus der Schule. Inwieweit die drei grundlegenden Lernziele aber von außerschulischen Lernorten erreicht werden können, beschreiben die folgenden Abschnitte.

Kognitive Lernziele

In Tabelle 2.3 sind einige kognitive Lernziele in aufsteigendem Kompetenzgrad genannt. Die drei Bereiche *Wissen, dass*, *Wissen, wie* und *Wissen, warum* sind dabei von zentraler Bedeutung. Das Erreichen "höherwertiger"

³Dazu gehören beispielsweise die große Zahl an einflussnehmenden Variablen, die das Lernen in außerschulischen Einrichtungen beeinflussen, wie z. B. die Wirkung der neuartigen und fremden Umgebung des Lernorts auf den Besucher.

kognitiv	affektiv	psychomotorisch
<i>Wissen, dass</i>	Interesse, Enthusiasmus, Einstellung	manipulative Fähigkeiten
<i>Wissen, wie</i>	Motivation, Beteiligung	Geschicklichkeit
<i>Wissen, warum</i>	Lerneifer	Hand-Auge- Koordination
Verstehen	Bewusstsein und Offenheit	

Tabelle 2.3: Lernziele (nach: Wellington, 1990).

kognitiver Lernziele⁴ scheint dabei sehr von der informellen Ausprägung abzuhängen. Während z. B. Science Center mit naturwissenschaftlichen Exponaten relativ einfach ein *Wissen, dass* hervorrufen können, sind ihre Möglichkeiten, das *Wissen, wie* und das *Wissen, warum* zu fördern, also Erklärungen zu liefern, jedoch beschränkt (Rix und McSorley, 1999). So können Kinder zwar spielerisch erkunden, dass Objekte wie Spiegel oder Prismen einen Laserstrahl ablenken, warum dies aber der Fall ist und welche Gesetzmäßigkeiten dahinter liegen, bleibt ihnen unklar. Bis auf Führungen, Explainer und Texttafeln stehen einem Science Center auch keine weiteren Instrumente zur Verfügung, dieses Wissen zu vermitteln. Ganz anders kann es in einem Schülerlabor mit formellerer Ausrichtung aussehen, wo vorgegebene Experimente durchgeführt werden, die sich mit einer bestimmten Thematik beschäftigen. Über eine angeleitete Auswertung der Experimente kann es dabei gelingen, dass die Schüler die Inhalte wirklich verstehen und nachvollziehen können.

Affektive Lernziele

Während sich kognitive Aspekte relativ einfach erheben lassen, stellen sich bei der Betrachtung affektiver Lernziele ganz andere Herausforderungen. Konstrukte wie Motivation oder Interesse müssen psychologisch fundiert definiert und auf die jeweiligen Situationen übertragen werden. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem Interesse, daher wird auf Kapitel 3, *Interesstheorie* verwiesen, wo dieser motivationale Begriff eingehend analysiert und definiert wird.

⁴„Höheres Wissen“, wie in Kern und Carpenter (1986) definiert, sind Fähigkeiten, die über das reine Faktenwissen hinausgehen. Dazu zählen das Verstehen und die Fähigkeit, Wissen anzuwenden und zu analysieren.

Ohne an dieser Stelle auf theoretische Aspekte der für die Förderung affektiver Faktoren einflussnehmenden Variablen näher einzugehen, erscheint es naheliegend, dass das informelle Lernen einen besonderen motivationalen Anreiz besitzt. Es sei erwähnt, dass das Ausmaß eigenverantwortlicher und selbstbestimmter Beschäftigung zentrale Einflussgrößen bei der Förderung affektiver Lernziele wie das Interesse zu sein scheinen. Unter den Punkten "lernergesteuert", "freiwillig" oder "ungeplant" in Tabelle 2.2 auf Seite 9 werden damit zusammenhängende Aspekte explizit genannt. Es besteht die Hoffnung, dass es dem Besuch eines außerschulischen Lernortes dadurch gelingt, Interesse zu wecken und einen Beitrag zum weiteren Beschäftigen mit den Inhalten zu leisten. So ist es denkbar, dass positive Erlebnisse dafür sorgen, dass sich Schüler auch über den Zeitraum eines Besuches hinweg mit naturwissenschaftlichen Dingen beschäftigen. Falk und Dierking (1997) bemerken dazu: "[...] learning always involves some element of emotion and feeling". Oder Germann (1988): "Significant parts of any learning event are thinking, feeling, and acting". Die meist unterhaltsam und anregend gestalteten Lernumgebungen außerschulischer Lernorte mögen daher besonderes Potential besitzen, positiv auf die Entwicklung affektiver Lernziele zu wirken.

Psychomotorische Lernziele

Ein eigenhändiges Beschäftigen mit interaktiven Exponaten oder Experimenten sorgt dafür, dass motorische Fähigkeiten gestärkt und die Geschicklichkeit gefördert wird. Dies tritt vor allem beim Spielen auf. Dies kann beispielsweise auf dem bereits erwähnten Spielplatz aber auch in einem außerschulischen Lernort mit "Hands-On"-Erfahrungen stattfinden. Diesem Feld wird von den drei erwähnten Lernzielen am wenigsten Beachtung geschenkt und es soll in dieser Arbeit auch nicht weiter behandelt werden.

2.2 Untergruppen außerschulischer Lernorte

Die Bandbreite außerschulischer Lernorte ist groß. Für die Vorstellung von Forschungsergebnissen erscheint es sinnvoll, die verschiedenen Gruppen vorzustellen bzw. zu definieren. Eine Eingrenzung wird insofern vorweggenommen, als dass nur jene Lernorte in Betracht kommen sollen, die eine besondere Bewandtnis für die Schulpraxis haben. Vor diesem Hintergrund lassen sich außerschulische Lernorte grob in drei Bereiche unterteilen:

2.2.1 Ausflüge: Field-Trips

Eine Untergruppe außerschulischer Lernorte sind weniger spezielle Orte, sondern Ausflugsziele von Schulklassen. Ausflüge zu bestimmten Zielen sollen gemäß der englischsprachigen Literatur im weiteren Verlauf *Field-Trips* genannt werden. Als Field-Trips sind die freie Natur aber auch Besuche in Fabriken, Kernkraftwerken oder Forschungsinstituten an Universitäten denkbar, also eher authentische Orte, die nicht speziell als Lernumgebungen konzipiert sind. Der fachliche Schwerpunkt von Field-Trips findet sich überwiegend in den Geowissenschaften und in der Biologie. Landschaftliche Besonderheiten in der direkten oder indirekten Nachbarschaft der Schulen bieten Gelegenheit, Beobachtungen an Tier- und Pflanzenwelt anzustellen, Gesteinsinformationen zu untersuchen oder geologische Versuche durchzuführen. Der Grad des informellen Lernens hängt hier entscheidend von der Konzeption des Ausfluges ab und kann daher nicht näher eingeordnet werden.

2.2.2 Museen, Science Center, Zoos, Aquarien

Diese Gruppe von Lernorten ist etwas weiter aufzufassen. Der Name "außerschulischer Lernort" kann hier fehlleitend wirken, da sich das Selbstverständnis dieser Einrichtungen nicht über das ausschließliche Anbieten von Lernerfahrungen für Schüler definiert. Die Zielgruppe ist sehr viel weiter gefasst und erstreckt sich von Vorschulkindern bis hin zu Erwachsenen im hohen Alter. Außerdem sind sie keine "Lern"-Orte im buchstäblichen Sinne, da Besuche nicht nur vor dem Hintergrund des Verlangens nach Lernerfahrungen durchgeführt werden, sondern auch Aspekte der Unterhaltung oder der Wunsch der Besucher nach sozialen Kontakten im Vordergrund liegen (Birney, 1988; Falk und Dierking, 1992; Tuckey, 1992b). Diese Orte haben gemein, dass Objekte (Bilder, technische Exponate, Tiere usw.) in einer mehr oder weniger strukturierten Umgebung ausgestellt werden. Im Gegensatz zu Field-Trips sind diese Lernumgebungen eher als solche konzipiert. Die Lernumgebungen lassen sich frei explorieren und der Besuch wird nach eigenen Vorstellungen (mitunter auch sehr spontan während des Besuches) gestaltet. Das Maß an interaktiven Hands-On-Aktivitäten variiert hier erheblich. Während sich klassische Kunstmuseen im Wesentlichen darauf beschränken, den Besuchern Ausstellungsstücke zu präsentieren, bieten Science Center, wie z. B. das von Frank Oppenheimer 1969 gegründete Exploratorium als Prototyp eines Science Centers, eine große Zahl an interaktiven Ausstellungsstücken (Exponate), die sowohl künstlerischen aber auch naturwissenschaftlichen Hintergrund haben (mehr zur Philosophie des Exploratoriums in Oppenheimer, 1972). Derartig aufgestellte Science Center geben den Besuchern die Mög-

lichkeit sich auf spielerische Art mit Phänomenen zu beschäftigen und sich so aktiv in den Erkenntnisprozess einzubinden.

2.2.3 Schülerlabore

Es lässt sich zusätzlich eine dritte Gruppe von außerschulischen Lernorten finden. In den letzten Jahren wurden in Deutschland mehr als 200 Einrichtungen gegründet, die Schülern die Möglichkeit geben, auf unterschiedliche Weise Versuche in speziellen Laboren durchzuführen: die so genannten Schülerlabore. Diese "Labore" befinden sich entweder in Universitäten, Forschungseinrichtungen aber auch in Museen und Science Centern.

Die Klassifizierung von Schülerlaboren ist eine schwierige Aufgabe, da sich unter dem Begriff "Schülerlabor" Einrichtungen verbergen, die sehr viele unterschiedliche Ausrichtungen aufweisen und sich über ihre Zielstellung unterscheiden.

Auf der einen Seite stehen an Forschungseinrichtungen angegliederte Labore, die eher eine authentische Erfahrung des Wissenschaftsbetriebs vermitteln wollen und Geräte zur Verfügung stellen, mit denen Schulen in der Regel nicht ausgestattet sind. Vertreter dieser Richtung sind beispielsweise die Schülerlabore des DLR oder das Göttinger XLAB. Im Vordergrund steht hier die Mobilisierung von möglichem Nachwuchs, der sich im Anschluss an die Schule beispielsweise für ein naturwissenschaftliches Studium entscheidet. Die Zielgruppen sind daher vorrangig Schüler höherer Schulstufen.

Auf der anderen Seite finden sich Schülerlabore, die Alltagsphänomene thematisieren und über das reine Anbieten von Experimentierstationen hinaus gehen. Hier werden nicht nur Versuche durchgeführt und diskutiert, sondern das Experimentieren didaktisch sinnvoll in ein Gesamtkonzept eingepasst und dem Besuch eine "dramaturgische Note" gegeben. Hier versteht sich die authentische Erfahrung nicht nur in der wissenschaftlichen Vorgehensweise, sondern vor allem in der Erfahrbarmachung von alltäglichen naturwissenschaftlichen Phänomenen. Dadurch wird versucht, den Schülern ihre Ängste vor und ihre Vorbehalte gegenüber den Naturwissenschaften zu nehmen und deutlich zu machen, dass diese ganz selbstverständlicher Teil des Alltags sind. Zielgruppen bilden hier eher jüngere Schüler, die zumeist einen ersten Kontakt zu den Naturwissenschaften erfahren. Beispiel für eines dieser Schülerlabore ist das UniLab Adlershof an der Humboldt-Universität zu Berlin, welches in Kapitel 6, *Das UniLab* näher beschrieben wird.

Außerschulische Lernorte lassen sich nach der Ausprägung ihrer informellen Eigenschaften einteilen (Abbildung 2.1). Museen oder Science Center befriedigen alle oder sehr viele der in Tabelle 2.2 angegebenen Aspekte in-

formellen Lernens, daher bieten diese Einrichtungen die informellsten Lernerfahrungen und sind auf dieser Skala entsprechend weit links einzuordnen. Schülerlabore, insbesondere das in dieser Arbeit untersuchte UniLab, haben eine Charakteristik, die eine mittlere Einordnung rechtfertigt. In Kapitel 6, *Das UniLab* wird näher auf diesen Sachverhalt eingegangen.

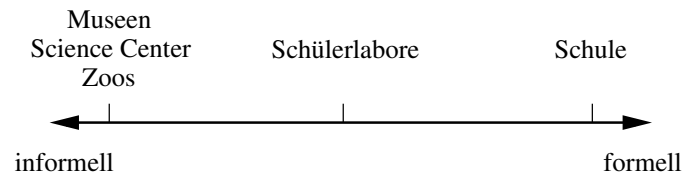


Abbildung 2.1: Zur Einteilung der außerschulischen Lernorte nach informeller bzw. formeller Charakteristik.

2.3 Forschung zu außerschulischen Lernorten

In diesem Abschnitt soll ein Überblick über die Forschungsergebnisse aus dem Bereich der außerschulischen Lernorte vorgestellt und näher beleuchtet werden. Die Wechselwirkung außerschulischer Lernorte und Schule steht dabei im Mittelpunkt.

In Ermangelung der Forschung zu Aspekten der psychomotorischen Lernziele konzentrieren sich die hier vorgestellten Forschungsergebnisse auf die kognitiven und affektiven Lernziele. Im Mittelpunkt steht immer die Frage, inwieweit außerschulische Lernorte das Potenzial besitzen, ein ganz bestimmtes oder eine Menge von Lernzielen aus Tabelle 2.3 zu beeinflussen: Sind außerschulische Lernorte geeignet, das Verständnis eines naturwissenschaftlichen Sachverhalts zu fördern? Sind sie dazu in der Lage, das Interesse an Naturwissenschaften zu vergrößern? Welchen Einfluss haben Vor- oder Nachbereitungen der Besuche im Unterricht?

Es ist auffällig, dass sich in Deutschland die Forschung zu dieser Thematik noch in den Kinderschuhen befindet. Bis auf wenige Ausnahmen werden daher vorwiegend Publikationen aus dem englischen Sprachraum Erwähnung finden.

2.3.1 Forschung zu kognitiven Lernzielen

Field-Trips

Im englischsprachigen Raum hat die Wirksamkeitsforschung von Ausflügen von Schulklassen eine lange Tradition. Mason (1980) fasst in seiner Bibliographie Forschungsarbeiten zusammen, die in einem Zeitraum von ca. fünfzig

Jahren angefertigt wurden. Das von ihm entworfene Bild macht einen sehr uneinheitlichen Eindruck. Während ein Teil der Arbeiten positive Effekte im Vergleich von Untersuchungsgruppen mit Ausflug und Kontrollgruppen ohne Ausflug aufdeckt (z. B. Schellhammer, 1935; Clark, 1943), zeigen wiederum andere, dass sich die kognitiven Lernleistungen entweder nicht signifikant unterscheiden oder dass gar die Kontrollgruppen höhere Werte aufweisen (z. B. Benz, 1962; Bennett, 1965). Ohne detailliert auf die Forschungsarbeiten einzugehen ist auffällig, dass sich in frühen Jahren keine einheitliche Forschungsphilosophie herausbildete. Die Arbeiten wurden in keinen Gesamtzusammenhang eingeordnet. Allgemeingültige Gesetzmäßigkeiten wurden dementsprechend nicht gefunden. Dies lag schon alleine darin begründet, dass sich Messinstrumente und Forschungsdesigns nicht übertragen ließen.

Das "Novel Field-Trip Phenomenon" und der "Novelty Space"

Einen ersten Versuch, ein inhärentes Phänomen von außerschulischen Lernorten aufzuspüren und in eine Art Modell zu überführen, machten Falk et al. (1978). Diese und weitere Arbeiten von Falk et al. bildeten in diesem Sinne einen Meilenstein, der die Forschung in strukturiertere Bahnen lenkte. Eine Eingliederung in bereits gesicherte Ergebnisse war zuvor nicht möglich, da aufgrund der großen Bandbreite an Variablen und der geringen Zahl an empirischen Untersuchungen keine gesicherten Ergebnisse zur Verfügung standen. Die Erkenntnisse waren oftmals bestimmt von "anecdotal data", also der Ansammlung von empirisch nicht begründeten Erfahrungswerten. Die Autoren versuchten, eine gemeinsame Charakteristik von Field-Trips zu systematisieren, die sich auf alle außerschulischen Lernorte übertragen ließ.

Außerschulische Lernorte haben eine Sache gemein: Sie bieten für die besuchenden Menschen meist neuartige und vorher unbekannte Umgebungen. Dies bezieht sich auf Umgebungen in der freien Natur, in der Schüler bio- oder geologische Beobachtungen machen aber auch auf Besuche in Einrichtungen wie Museen, Science Centern oder Schülerlaboren. Da diese Lernorte des weiteren die Eigenschaft haben, Schauplätze von besonders stimulierenden Erfahrungen zu sein, kann es aufgrund einer Art "kognitiven Overloads" zur Folge haben, dass Besucher bzw. Schüler desorientiert sind und unbehagliche Gefühle entwickeln, "feelings that even after a reasonable lapse persist and are expressed by uncharacteristically active, excited, and explorative behaviours" (Falk et al., 1978). Dies führt dazu, dass Schüler schlechtere Leistungen erbringen:

"If a learner enters a forest, but already possesses some structures for forests, the new setting is readily assimilated into the

previously existing structures. However, if the setting is completely novel, a greater disequilibrium may occur, necessitating greater accommodation to the new information and the formation of entirely new structures before the learner reaches a state of relative equilibrium.” (Falk et al., 1978, S. 128)

Falk et al. studierten dieses von ihnen so genannte ”Novel Field-Trip Phenomenon” in einer Pilotstudie und untersuchten den Einfluss einer neuen Umgebung auf die Lernleistungen und das Verhalten von durchschnittlich 11jährigen Schülern. Das Kontrollgruppendesign verwendete Vor- und Nachtests sowie Beobachtungen. Verglichen mit dem Vortest zeigten sowohl die Schüler, die mit der Umgebung bekannt waren (familiar), als auch solche, denen die Umgebung neu war (unfamiliar) einen signifikanten Zuwachs im Nachtest bei Fragen zu der Umgebung des Ausfluges. Der Wissenstest zu den während des Field-Trips gelernten Inhalten konstatierte jedoch einen Zuwachs bezogen auf den Vortest der Werte bei der familiar-Gruppe, wohingegen die Werte der unfamiliar-Gruppe sogar leicht abfielen.

Die Beobachtungsdaten zeigen tendenziell, dass Schüler aus der unfamiliar-Gruppe weniger Zeit mit der Bearbeitung ihrer Aufgaben zubrachten, sondern unaufmerksames und rauflostiges Verhalten an den Tag legten (”off-task” Verhalten), während die familiar-Gruppe interessiert ihrer Arbeit nachging.

Weitere Untersuchungen zu dieser Thematik folgten (Balling und Falk, 1980; Falk und Balling, 1982; Falk, 1983a,b; Martin et al., 1981), die alle die These unterstrichen, dass sich eine neue Umgebung negativ auf die kognitive Leistungsfähigkeit niederschlägt.

Zusätzlich wurde jedoch herausgefunden, dass die Situation trotz allem differenziert zu betrachten ist: Falk und Balling (1982) beschreiben eine Untersuchung, in der zwei verschiedene Altersklassen ein ähnliches Design wie bei Falk et al. (1978) durchliefen. Dritt- und Fünftklässler wurden in jeweils zwei Gruppen eingeteilt, von der die eine Gruppe einen Tagesausflug in ein Naturzentrum unternahm, während die andere Gruppe die gleiche Unterrichtseinheit in einem Waldstück hinter der Schule absolvierte. Die Werte der Wissenstests nach der Intervention ergaben folgendes Bild:

5. Naturzentrum > 3. Schule > 3. Naturzentrum > 5. Schule

Die Schüler der 5. Klassen zeigten demnach nach dem Ausflug in ein Naturzentrum höhere Werte als die Drittklässler, die sich in der Nähe der Schule aufhielten. Überraschenderweise schnitten aber diese Drittklässler besser ab, als jene, die das Naturzentrum und damit eine vorher unbekannte Umgebung besuchten. An letzter Stelle rangierten die Ergebnisse der Schüler der 5. Klassen, die den Unterrichtsgang in der Nähe der Schule durchführten.

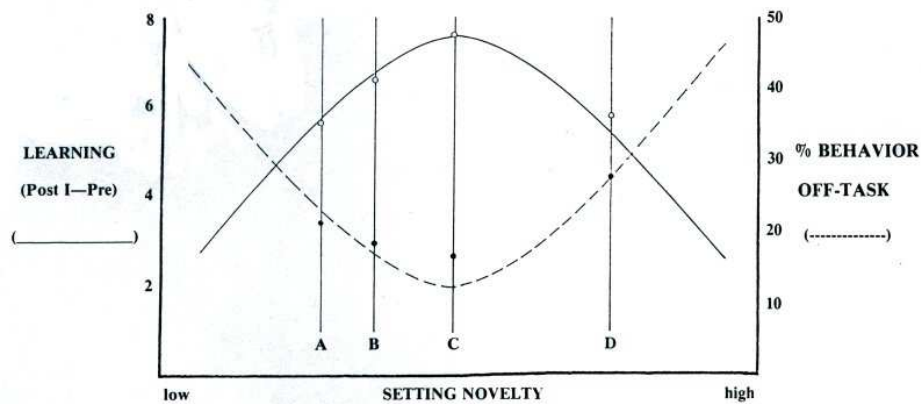


Abbildung 2.2: Ein Modell, das das Lernen und off-task Verhalten als eine Funktion der Neuigkeit der Umgebung darstellt. (A: 5. Klasse in Schulumgebung, B: 3. Klasse in Schulumgebung, C: 5. Klasse im Naturzentrum, D: 3. Klasse im Naturzentrum (aus: Falk und Balling, 1982))

Die ebenfalls erhobenen Beobachtungsdaten zum Auftreten und Verhalten der Schüler während der Ausflugszeit spiegeln diese Ergebnisse wider: Während die Schüler der 3. Klassen in der Schulumgebung mehr Zeit mit ihren Aufgaben zubrachten, zeigten ihre Kameraden im Naturzentrum oftmals gegenteiliges Verhalten. Bei den 5. Klassen war es genau entgegengesetzt. Dieses auf dem ersten Blick widersprüchliche Ergebnis erklären die Autoren über ein Modell, welches die Neuheit des Schauplatzes auf nichtlinearer Weise zum Verhalten und dem Lernerfolg in Beziehung setzt (Abbildung 2.2).

Die Abbildung bedarf einiger Erläuterung: Sie zeigt, dass das off-task Verhalten sehr gut mit dem Lernerfolg in Bezug zu setzen ist. Der Lernerfolg wird maximal, wenn das off-task Verhalten minimal wird. Dies geschieht ungefähr auf der Hälfte der Neuigkeitsskala. An den extremen Enden dieser Skala ist nach diesem Modell der Lernerfolg am geringsten und das off-task Verhalten am größten. Zu wenig oder auch zu viel Neuheit hat also einen negativen Einfluss auf den Lernerfolg. Das Naturzentrum als auch die Umgebung in der Nähe zur Schule hatten für die Schüler der 3. Klassen einen höheren Neuigkeitswert verglichen mit den Schülern der 5. Klassen. Da das Naturzentrum jedoch für die Drittklässler eine zu neue Umgebung und der Schauplatz in der Nähe der Schule für die Fünftklässler eine zu vertraute Umgebung darstellte, schnitten diese beiden Gruppen schlechter im Wissenstest ab. Die Folgerung der Autoren: "[...] teachers should strive to take students on field trips that provide moderate amounts of novelty."

Die Ergebnisse dieser Forschungsarbeiten haben für den Besuch eines Museums eigenartig anmutende Folgen: Kinder, die vor einem Besuch über die

Ausstattung des Kiosk und Souvenir-Shops aufgeklärt wurden, zeigten größeren Wissenzuwachs über die wirklichen Inhalte des Museums als solche, die über jene Inhalte vor dem Besuch informiert wurden (Falk, 1983b). Dies wird dadurch begründet, dass über eine angemessene Vorbereitung auf die Gegebenheiten des Besuchsortes die Zeit des Explorierens (off-task-Verhalten) reduziert werden konnte und sich die Schüler aufgrund der frei werdenden kognitiven Ressourcen mehr auf das Lernen konzentrieren konnten.

Über die Entdeckung des "Novel Field-Trip Phenomenon" wurden weitere Forschungsarbeiten angestoßen, die sich vor allem damit beschäftigten, wie eine Vor- oder gar Nachbereitung eines Besuchs in einem außerschulischen Lernort positiv zum Lernerfolg beitragen kann.

Novelty Space

Während sich Falk et al. vorwiegend auf die Effekte der Vororientierung der Schüler auf die geographischen Gegebenheiten konzentrierten, zeigt Delaney (1967), dass auch eine ausschließlich inhaltliche Vorbereitung positive Effekte mit sich bringen kann. Eine reine Fokussierung auf einen geographischen Aspekt kann folglich nicht alleine ausschlaggebend für das "Novel Field-Trip Phenomenon" sein.

Orion und Hofstein nahmen sich dieser Problematik an und erweiterten das "Novel Field-Trip Phenomenon" zum "Novelty Space" (Orion und Hofstein, 1986; Orion, 1989a,b, 1993; Orion et al., 1997). Dieser beinhaltet nicht nur Vertrautheit eines Individuums mit der räumlichen Umgebung eines Field-Trip-Schauplatzes, sondern berücksichtigt zudem kognitive und psychologische Faktoren (Abbildung 2.3).⁵

Um die pädagogische Effektivität eines Field-Trips zu vergrößern, müssen Maßnahmen ergriffen werden, den "Novelty Space" zu verkleinern. Anhand eines Curriculums für 14-18jährige Schüler, in das drei Field-Trips eingebunden waren, stellt Orion (1989a) vor, wie diese Maßnahmen aussehen können. Die Schüler wurden vor dem Field-Trip auf die Situation sowohl geographisch als auch psychologisch vorbereitet, indem ihnen Fotos und Filme über die zu besuchenden Orte gezeigt wurden und der Lehrer den Schülern beschrieb, was sie zu erwarten hatten. Die kognitive Vorbereitung gelang über den Unterricht, der so konzipiert war, dass die Field-Trips so in das Curriculum eingepasst waren, dass die im Klassenraum behandelten Themen auch durch den Field-Trip berührt wurden. Die Field-Trips wiederum dienten als Vorbereitung für die folgenden Unterrichtsstunden im Klassenraum (siehe dazu

⁵ Auch Lucas (2000) nennt unabhängig davon drei Aspekte, die eine Vor- und Nachbereitung unumgänglich machen, um eine möglichst effektive Ausnutzung der positiven Effekte einer außerschulischen Lernumgebung zu erreichen: die Vertrautheit mit der Umgebung erhöhen, ausreichendes Vorwissen bereitstellen und etwaige Fähigkeiten einüben.

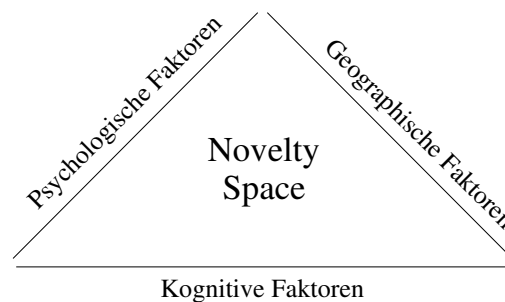


Abbildung 2.3: Die drei Faktoren, die den Novelty Space einer Field-Trip Umgebung bestimmen (nach: Orion, 1993).

Orion (1989a,b)).⁶ In Orion (1993) wurde auf diese Erkenntnisse aufbauend ein mehrstufiges Modell entwickelt, wie Field-Trips in ein Curriculum eingepasst werden können, um den Problemen des "Novelty Space" zu begegnen. So schlagen die Autoren folgende Handlungsanweisungen für eine Lehrkraft vor, die mit ihrer Klasse einen Field-Trip durchführen will:

1. Selektion des Lernortes mit gleichzeitiger Auswahl des zu behandelnden Themengebiets.
2. Aufklären der Möglichkeiten des Lernortes, gegebenenfalls vorheriger Besuch des Lernortes durch die Lehrkraft.
3. Anpassung des Besuchs an das Curriculum.
4. Organisatorische Vorbereitung des Besuchs.
5. Vorbereitung von Lehrmaterialien, insbesondere solche, die den Novelty Space der Schüler reduzieren.
6. Platzieren des Besuchs in die Unterrichtsstruktur mit gleichzeitiger Festlegung der Inhalte, die vor und nach dem Besuch behandelt werden sollen.

Die eigentliche Einbettung in den Unterricht gelingt mittels einer dreistufigen Herangehensweise, die von Orion (1993) für einen geographischen Field-Trip vorgeschlagen wurde und durchaus auch für Besuche von außerschulischen Lernorten im Allgemeinen Bestand hat. Die erste Stufe bildet eine Vorbereitungseinheit, die es als Ziel hat, die drei Komponenten des "Novelty Space" zu reduzieren. Die geographische Komponente kann durch Folien, Filme und

⁶Das Design der in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Untersuchung verfolgt einen ähnlichen Ansatz. Kapitel 5 wird auf dieses Design genauer eingehen.

Bilder berücksichtigt werden. Die besondere Wichtigkeit einer psychologischen Vorbereitung ergibt sich aus Orion und Hofstein (1991). Die Autoren stellen fest, dass Schüler aus verschiedenen Altersklassen einem Field-Trip mit ganz unterschiedlichen Erwartungen angegangen waren. Während sich ältere Schüler (11. Klasse) durchaus der Tatsache bewusst waren, dass der Ausflug eine Lernveranstaltung darstellen sollte, empfanden jüngere Schüler (9. und 10. Klasse) ihn eher als sozialen Event. "This finding emphasizes the need for preparing the students, before taking a learning field trip, in order to reduce the gap between their expectations and the reality they will meet." Die Bereitstellung von Informationen zum Zweck des Field-Trips würde dieses Problem lösen. Die Verringerung der kognitiven Komponente schließlich konzentriert sich auf konkrete Tätigkeiten und Inhalte, die beim Field-Trip Verwendung finden werden. Der eigentliche Field-Trip bildet die zweite Stufe und die nachfolgende Aufbereitung im Unterricht schließlich die dritte. Hier werden die konkret kennengelernten Konzepte des Ausfluges dann verallgemeinert, abstrahiert und erweitert.

Eine substanzielle Untersuchung versuchte, den Effekt des "Novelty Space" näher zu untersuchen (Orion und Hofstein, 1994). Diese wurde an einen eintägigen Field-Trip mit Vor- und Nachbereitung angelehnt. Dabei wurde zwischen drei Gruppen unterschieden: eine nach den Kriterien von Orion (1993) optimal vorbereitete (kognitiv, psychologisch und geographisch), eine moderat vorbereitete (nur kognitiv) und eine Gruppe, die nicht speziell auf den Field-Trip vorbereitet wurde. Alle Gruppen absolvierten das gleiche Curriculum und den gleichen Field-Trip, so dass Effekte zwischen den Gruppen nicht auf diese Variablen zurückzuführen waren. Über ein umfangreiches Instrumentarium wurde festgestellt, dass sich die Klassen in eine Kategorie mit hoher, mittlerer und schwacher Lernleistung einteilen ließen. Die Gruppe mit hoher Lernleistung beinhaltete Klassen, in denen die Schüler ein hohes Maß an Mitarbeit und Diskussionsbereitschaft zeigten. Die Schüler der mittleren Gruppe waren nur durchschnittliche konstruktiv aktiv, verbunden mit schnellem Auftreten von off-task Verhalten. Die schwache Lernleistungsgruppe schließlich war die die meiste Zeit mit off-task Verhalten beschäftigt. Es stellte sich heraus, dass Klassen der ersten Kategorie optimal, Klassen der zweiten moderat und Klassen der dritten nicht vorbereitet wurden. Detailliertere Analysen ergaben, dass weder die Lehrervariable noch die Klassengröße als Determinante in Frage kam. Zwar wurde damit der Einfluss der Lehrer nicht widerlegt, doch "[i]t is suggested, however, that the structured field trip with all the learning and teaching materials neutralize the influence of these two factors to a considerable degree and made the type of preparation the dominant factor".

Die Faktoren des "Novelty Space" werden mit jenen aus Orion (1993) und Abbildung 2.3 identifiziert. Festgehalten wird zwar, dass auch die Schüler mit großem "Novelty Space" einen Zuwachs an Wissen zeigten, dieser aber geringer war als der der anderen beiden Gruppen. Desweiteren stellen sie fest, dass auch der Zeitpunkt eines Field-Trips eine Rolle spielt. So empfehlen die Autoren, einen Field-Trip am Anfang eines Curriculums stattfinden zu lassen, da die entsprechenden Klassen am erfolgreichsten abschnitten. Die Autoren schließen ab: "Thus, a field trip should be planned as an integral part of the curriculum rather than as an isolated activity".

Museen und Science Center

Field-Trips und Besuche in einem Museum oder Science Center haben eine Gemeinsamkeit: sie setzen voraus, dass sich Schüler aus ihrer gewohnten Lernumgebung entfernen. Die Effekte, die bei einem Field-Trip einhergehen, wurden im vorigen Abschnitt näher beschrieben. Wie Orion und Hofstein (1994) anmerken, können die Erkenntnisse auf Besuche in Museen, Zoos, Fabriken oder ähnliche Einrichtungen unter Umständen übertragen werden. Sie schränken jedoch ein: "However, it is also likely that each outdoor environment has some unique characteristics that curriculum developers and teachers should take into account". Koran et al. (1983) unterstützen die Übertragbarkeit: "Since natural history museums and science centers are also 'novel' environments, the findings of field studies are relevant to these other environments". Ausserdem weisen sie darauf hin, dass mit dem Wunsch nach konzeptuellem Lernen in einem Museum die Forderung einhergehen muss, den "Novelty Space" zu reduzieren.

Gennaro (1981) bestätigt diese Aussage: Er zeigt, dass sich eine inhaltliche Vorbereitung von Schulklassen auf eine Filmpräsentation in einem Museum zum Urknall und der Plattentektonik positiv auf den Lernerfolg niederschlägt. Auch Kubota und Olstad (1991) und Anderson und Lucas (1997) finden heraus, dass sich eine Vorbereitung positiv auf die kognitive Lernleistung auswirkt. Darüberhinaus wird in Anderson und Lucas (1997) festgestellt, dass Schüler, die ein Museum bereits vorher besuchten, noch höhere Leistungen abrufen konnten als solche mit Vorbereitung. Neben einer Vorbereitung auf einen Besuch scheint ein vorheriger Besuch also noch effektiver zu sein, um den "Novelty Space" zu verringern.⁷

Dass generell alle Schulfächer von einer Vor- und Nachbereitung profitieren, betont Xanthoudaki (1998), die den Einfluss von Museen auf den

⁷Diesem Sachverhalt wird über die Berücksichtigung von drei Besuchen in einem Schülerlabor in der vorliegenden Untersuchung Rechnung getragen.

Kunstunterricht untersuchte und auf eine ähnliche Handlungspraxis wie Orion et al. hinweist: "[...T]he best way to exploit the museum and aesthetic experiences is to consider museum and gallery visits as one component of a 'three-part-unit' consisting of preliminary preparation, visit and follow-up work."

Ausbildung von Fehlvorstellungen

Neben der großen Bedeutsamkeit für die Reduzierung des Novelty Space findet sich jedoch noch ein weiterer Grund, Schüler auf einen Besuch vorzubereiten. Im Sinne der konstruktivistischen Theorie des Lernens, gerade auch im Bezug auf das Lernen in informellen Lernorten (Anderson et al., 2003), wird das Lernen immer auch als ein Aufbauen auf bereits bestehenden Strukturen betrachtet. Insbesondere aufgrund des stark informellen Charakters eines Museums mit der damit einhergehenden starken Betonung des selbstbestimmten Lernens erscheint dieser Sachverhalt besonders wichtig. Eine sinnvolle Auseinandersetzung mit Inhalten kann in dieser sehr offenen Lernumgebung nur geschehen, wenn die Besucher bereits einige Grundkenntnisse haben. Ansonsten verläuft eine Beschäftigung mit beispielsweise einem Exponat auf sehr oberflächlicher Ebene. Wird dagegen auf vorher behandelte Inhalte aufgebaut, so hat dies positive Auswirkungen auf die Effektivität eines außerschulischen Lernorts: "[I]t seems evident that prior knowledge and experience [are] significant factors in the construction of an individual's knowledge" (Anderson et al., 2000). Tuckey (1992a) formuliert:

"[...]In order to be able to learn from exhibits pupils must already have a store of 'suitable' concepts. A visit to an interactive science centre may therefore enhance understanding, and perhaps enable the pupil to make hitherto unnoticed connections, but it cannot teach unfamiliar concepts. [...] Because learning is greatest when the concepts the child has are matched to those of the exhibit it suggests that teachers should integrate a visit to an interactive science centre into their science teaching and so maximize potential benefit." (S. 278)

In ihrer Untersuchung stellen Anderson et al. (2000) fest, dass sich mitunter überraschende aber leider auch vollkommen falsche Konzepte in den Schülern ausbilden können. Im Rahmen der Untersuchung wurden Exponate zu Themen aus der Elektrizität und dem Magnetismus verwendet. So traten beispielsweise Vorstellungen auf, die Elektrizität aus positiv und negativ geladenen Elektronen bestehend erklärten und dass ein angelegtes Magnetfeld

dafür sorgt, dass diese Elektronen sich anziehen und so Elektrizität erzeugt wird.

Anderson et al. (2000) betonen im Hinblick auf die Entwicklung von Fehlvorstellungen:

”Failure to follow-up visits to informal learning centers is of concern, not only because of missed opportunities to support newly learned scientific concepts, but also because of the likelihood of the visit giving rise to, and sometimes reinforcing, unexpected and potentially inhibiting alternative conceptions in many students.”
(S. 659)

Auch Feher und Rice (1985, 1988); Feher (1990) und Rice und Feher (1987) zeigen anhand der Entstehung von Schattenformen oder Tuckey (1992a,b) an anderen Exponaten, wie groß die Bandbreite an Vorstellungen bei Schülern sein kann, wenn sie durch keine anderen Maßnahmen eingeschränkt werden. Diese Fehlvorstellungen können dann dazu führen, dass Lernen als solches negativ beeinflusst wird. Rix und McSorley (1999) bemerken: ”This point of view is further supported by Carre and Ovens (1994) who claim the consequence of not introducing scientific concepts to young children may well mean that they form inaccurate or inflexible frameworks that make further learning difficult.”

Dass Museen zudem vorrangig nur *Wissen, dass* fördern (Wellington, 1990), macht den Sachverhalt nicht minder problematisch. Rix und McSorley (1999) zeigen, dass zwar noch kleine Anteile von *Wissen, wie* dazukommen, es aber bei dieser oberflächlichen Beschäftigung mit Inhalten eines Museums bleibt. Dies liegt in der Natur eines informellen Lernortes wie einem Science Center: Bei Nichtgefallen eines Exponates oder gar bei einer als zu groß wahrgenommenen kognitiven Anstrengung, wenden sich Schüler einer Alternative zu. Längere Auseinandersetzungen mit einem Exponat finden kaum statt, erklärende Schautafeln werden nur oberflächlich gelesen (Waltner und Wiesner, 2006) und wenn, dann nur innerhalb der ersten zwanzig Minuten des Besuchs (Falk und Dierking, 1992). Darüberhinaus wird eine vom Science Center vorgesehene Reihenfolge im Allgemeinen nicht eingehalten. Neben dem eigentlichen Verstehen von Inhalten in einem Museum, ist die Vermittlung von ”höherem” Wissen in diesem Kontext schwierig. Folkomer (1981) bestätigt diese Ansicht auch für Schüler eines Field-Trips, die zwar Fakten besser erinnerten als Gruppen, die sich in der Schule aufhielten und entweder Vorträgen zuhörten oder zusätzlich dazu Experimente durchführen durften. Die Interpretationsfähigkeit, welche einer höheren Kompetenzstufe zuzuordnen ist, ist zwischen den Gruppen dagegen nicht unterschiedlich. Bennett (1965) merkt an: ”Perhaps this further indicates that comprehension can

best be taught in a classroom situation, [...] or that the distractions of the field method are such as to make learning by comprehension more difficult.”

Kern und Carpenter (1986) zeigen jedoch, dass Schüler mit Field-Trip eher in der Lage sind, sich jenes höherwertiges Wissen anzueignen als Schüler ohne. Dies führen die Autoren aber auf die positiv beeinflussten affektiven Lernziele der Instruktionsklassen zurück und der damit einhergehenden intrinsischen Motivation, sich mit den Inhalten weiter zu beschäftigen. Wellington (1989) wird daher von Rennie und McClafferty (1996) mit den Worten zitiert:

”In his [Wellingtons] opinion the fundamental educational aim is the affective domain, and he points out that by achieving this aim, science centers are more likely to make their indirect contribution to higher-order cognitive learning.”

Dies zeigt die eigentliche Stärke eines außerschulischen Lernortes: die Förderung affektiver Aspekte, die wiederum einen positiven Einfluss auf kognitive Gesichtspunkte haben können. Abschnitt 2.1.2 beschäftigt sich näher mit Forschungen auf dem Feld der affektiven Faktoren. Verglichen mit der Forschung zu kognitiven Gesichtspunkten fällt die Zahl dieser Arbeiten jedoch sehr viel weniger umfangreich aus.

Diese Erkenntnisse stehen somit in direkter Konkurrenz mit dem Wunsch eines außerschulischen Lernortes, selbstbestimmtes und ungeplantes Lernen zu fördern. Falk et al. (1986) formulieren dazu:

”Museums, unlike schools, are free-choice environments and therefore need to accept both the advantages and disadvantages of that mantle. [...] In fact, for some very tangible kinds of information, i. e., those concretely exhibitable, they may well be the ’best yet devised’. For other kinds of science information, particularly the abstract and complicated, they may very likely be ineffectual. Given the abstract nature of much of science, this is a significant concern.” (S. 506 f.)

In Kapitel 6, *Das UniLab* wird darauf noch gesondert eingegangen und nach Möglichkeiten eines Schülerlabors gesucht, diesem Problem zu begegnen.

Lerntheorien

Neben der Schwierigkeit zu evaluieren, welche kognitiven Lernziele erreicht wurden, bemerken Anderson et al. (2003), dass ebenso der Vorgang des Lernens als solcher besondere Beachtung verdient. Lucas und McManus (1986) sagen hierzu: ”So far, there has been little research that focuses on *how* people

learn both in and from informal settings. Knowing *how* people learn might be more important than knowing *what* they learn [...]” (Hervorhebungen im Original). Falk und Dierking (1997) bemerken: “[...L]earning is neither a process nor a product, but a combination of the two”.

Es existieren nur wenige Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet. Falk (2004) zeigt, dass dies zum Teil auch auf die großen Probleme zurückzuführen ist, die mit einer derartigen Forschung einhergehen. Es lassen sich nicht alle Variablen kontrollieren, die die Lernprozesse im außerschulischen Lernort beeinflussen. Im Hinblick auf den Einfluss von Vorerfahrungen und -kenntnissen, sozialer Herkunft und Gruppenzusammensetzung der Schüler, Umgebung und Architektur des Lernortes, inhaltliche und methodische Konzeption des Besuchs, Qualität des Besuchs und Einfluss der Betreuer usw. ist die Variablenmenge erdrückend.

Falk und Dierking (2000) stellen das ”Contextual Model of Learning” vor, welches das Lernen in einem Museum näher zu beschreiben versucht und eine Weiterentwicklung des ”Interactive Experience Model” (Falk und Dierking, 1992) ist. Dieses Modell postuliert, dass mehrere Aspekte das Lernen in einem Museum beeinflussen und dass keine Variable allein den Ausgang eines Lernvorgangs bestimmt. Es ist daher weniger ein Modell als ein ”Framework” und berücksichtigt damit die vielen einflussnehmenden Variablen, die auf das Lernen in einem außerschulischen Lernort auftreten können (Falk, 2004). Das ”Contextual Model of Learning” teilt das Lernen in drei Ebenen auf: in einen *persönlichen* (Vorwissen, Erfahrungen, Interesse), einen *soziokulturellen* (kultureller Kontext des Museums in der Gesellschaft, Interaktionen der Besucher untereinander und mit den Angestellten des Museums) und einen *physikalischen Kontext* (Umgebung, Architektur, Qualität der Exponate und der Ausstellung).

Es ergeben sich daraus zwölf Variablen. Das Lernen wird als Vorgang beschrieben, in dem alle Variablen miteinander wechselwirken. Um dieses Modell zu überprüfen wurde eine Untersuchung durchgeführt (Falk und Storksdieck, 2005). Dazu wurden Besucher (Erwachsene) vor und nach dem Besuch mit Hilfe unterschiedlicher Instrumente untersucht, die eben jene Variablen messen sollten. Obwohl alle Besucher signifikant lernten, konnten die bestimmenden Variablen nicht identifiziert werden. Alter, Geschlecht und ethnische Herkunft schienen keine einflussnehmenden Variablen zu sein. Es stellte sich dar, dass das Vorwissen die wichtigste Variable war, wohingegen vorheriges Interesse, Architektur der Räumlichkeiten, Orientierung und Kontrolle bzw. Wahl kaum Einfluss hatten. Aber keine Variable beeinflusste alle verwendeten Messinstrumente. Eine Aufteilung der Gruppen in Vorwissen und Interesse (Falk und Adelman, 2003) zeigte, dass auch hier verschiedene Variablen Einfluss nehmen.

Es wird festgestellt, dass das ”Contextual Model of Learning” seine Be-

rechti gung hat, jedoch nur als "stochastisches Modell", welches annimmt, dass "initial states" wichtig sind, sich diese aber mit der Zeit über vorhersehbare oder unvorhersehbare Ereignisse verschieben können. Die kollektive Interaktion der veränderten Variablen (und nicht die Ausgangswerte) bestimmen dann das Ergebnis. Fazit: "The real take-away message of this article is that simple, reductionist, linear approaches to affecting and understanding learning from museums will simply not suffice" (Falk und Storksdieck, 2005).

Eine Untersuchung, die über die starke Einschränkung und Kontrolle von wechselwirkenden Variablen zu sehr den Charakter einer Laborstudie bekommt, ist nach Rennie und McClafferty (1996) vor diesem Hintergrund sogar zum Scheitern verurteilt: "Unfortunately, the tightly controlled studies [...] increase the artificiality of the research situation, decontextualize the learning experience and decrease the generalisability of the findings". Daher müssen Wege gefunden werden, diese Probleme zu vermeiden. Es wäre indes falsch, die Forschung an außerschulischen Lernorten vor diesem Hintergrund aufzugeben. Die Arbeiten von Falk et al. zum "Novel Field-Trip Phenomenon" machen deutlich, dass sich trotzdem wichtige Wirkungszusammenhänge ergeben können, insbesondere auch im Hinblick auf die Wechselwirkung mit dem Schulunterricht, wie z.B. die vorliegende Arbeit darlegen möchte.

Koran et al. (1983) betonen, dass systematische Forschung in Museen nicht nur aus Evaluationsgründen dieser Einrichtungen gefordert werden sollte, sondern dass diese Forschung auch für den Schulunterricht relevante Aussagen erlaubt und einen Beitrag zur Schulpraxis bzw. der allgemeinen didaktischen Forschung leisten kann. Beispielsweise unterteilen die Autoren Exponate in Museen in drei Kategorien: statische, Walk-Through-, und dynamische Exponate. Jede dieser drei Kategorien lässt sich auf einen Aspekt in der Schule abbilden: Während die statischen Exponate viele Eigenschaften des regulären Unterrichts ohne große Interaktionsmöglichkeit für die Schüler hat, hat ein Walk-Through-Exponat einige Eigenschaften, die auch bei einem Field-Trip zu Tage treten. Das Studieren der Effektivität dynamischer Exponate mit vielen Interaktionsmöglichkeiten wiederum kann Erkenntnisse über den Lernprozess beim Experimentieren liefern. "Systematic study of these interacting variables can contribute data from the informal setting to the data already accumulating in the formal setting, hence leading to greater insights into instruction and learning in science."

2.3.2 Forschung zu affektiven Lernzielen

Ein Besuch bzw. die Forschung daran wurde über viele Jahre vorrangig nur über kognitive Gesichtspunkte gerechtfertigt, obwohl (oder vielleicht gerade weil) Einvernehmen herrschte, dass die Stärken eines Museums in der Förde-

rung affektiver Aspekte zu finden sind. Zwar zeigen Untersuchungen, dass der kognitive Lernerfolg zumindest nicht unter einem Ausflug leidet, sie stellen aber zugleich fest, dass "höherwertiges Wissen" nur schwerlich induziert werden kann (siehe Wellington, 1990; Rix und McSorley, 1999; Falk et al., 1986). Dabei wird von vielen Autoren festgestellt, dass die Steigerung von affektiven Eigenschaften die Schüler bei der Entwicklung von kognitiven Aspekten empfänglicher machen:

"If learners consider their experiences during the visit to be rewarding and enjoyable, then it is likely they will be receptive to subsequent related instruction. [...] In other words, an enjoyable and successful visit experience is an important outcome because it can predispose the learner to engage in further cognitive learning." (Rennie, 1994, S. 263)

Kern und Carpenter (1986) bemerken dazu:

"[T]here appears to be a cause and effect relationship between the affective and cognitive: an increase in the affective responses of a student toward or in a given learning experience leads to higher levels of motivation which, in turn, should result in improved learning." (S. 180)

Allerdings schränkt Rennie (1994) ein:

"In terms of other affective outcomes relating to science, a short visit is more likely to raise students' awareness about science, scientists and future careers than to result in a fundamental change of attitude with respect to these things, although this may also occur." (S. 263)

Doch diese Aussagen sind mehrheitlich von Erwartungen bestimmt und weniger generiert aus fundierter empirischer Forschung. Rennie (1994) aber auch Hofstein und Lunetta (2003) mahnen daher die geringe Zahl der Forschungsarbeiten zu affektiven Gesichtspunkten an. Speziell vor dem Hintergrund der "anecdotal data" mit ihren Hinweisen darauf, dass Schüler an dem Besuch eines außerschulischen Lernortes großen Gefallen finden, mutet es überraschend an, dass sich die Forschung nicht eingehender mit diesem Sachverhalt beschäftigt hat. Daher werden in den folgenden Ausführungen nur wenige Arbeiten beschrieben.

Harvey (1951) findet heraus, dass sich die Einstellung einer Untersuchungsgruppe zu Naturwissenschaften durch zwei Field-Trips verglichen mit einer Kontrollgruppe signifikant verbesserte. Auch Boggs (1977) beobachtet,

dass die Beweislage eher für einen Effekt auf affektiver als auf kognitiver Ebene spricht. Dagegen zeigt Bennett (1965), dass sich die Einstellung der Schüler unter zwei verschiedenen Instruktionen (von denen eine Field-Trips miteinbezog) nicht unterschiedlich entwickelten.

Kern und Carpenter (1984) überprüften mittels Kontrollgruppendesign, wie sich Werte, Interesse und Einstellung gegenüber Geologie änderten, wenn die Untersuchungsgruppe Field-Trips durchführte und die Kontrollgruppe im Schulgebäude unterrichtet wurde. Hier zeigte sich ein signifikanter Vorteil in allen drei Variablen für die Untersuchungsgruppe, was die Autoren dadurch erklären, dass Schüler die Field-Trips als authentischer auffassten. Darüberhinaus war auch auffällig, dass diese Schüler den darauffolgenden Unterricht (obwohl identisch zu dem der Kontrollgruppe) signifikant positiver bewerteten. Die Autoren sprechen in diesem Zusammenhang von einem "Carry-Over"-Effekt: "Apparently, as the experimental students reflected back over the term, those positive feelings associated with field experiences tended to 'carry-over' to classroom exercises as well." Diese Untersuchung gibt damit erste Hinweise darauf, dass sich Besuche in außerschulischen Lernorten auch positiv auf den Unterricht auswirken können.

Ein differenzierteres Bild zeichnen Falk und Adelman (2003). Sie unterteilen erwachsene Besuchergruppen in drei Pools mit jeweils ähnlichem Vorwissen und Interesse und untersuchten dann den Einfluss eines Besuchs in einem Aquarium auf jene Variablen. In der Gesamtheit steigerten sich bei allen Probanden Wissen und Interesse. Bei näherer Betrachtung stellt sich aber heraus, dass

1. nur jene mit geringem und hohem Vorwissen und mittlerem bis hohem Interesse eine Steigerung des Wissens zeigten und
2. nur jene mit geringem bis mittlerem Interesse (unabhängig vom Vorwissen) Steigerungen des Interesses erfuhren.

Diese Unterteilung erscheint vor allem auch vor dem Hintergrund sinnvoll, dass nur 2/5 der Besucher kognitiven Zuwachs und 2/3 affektiven Zuwachs erfuhren und dass jene Effekt in der Gesamtbetrachtung untergingen. Allerdings muss in dieser Untersuchung berücksichtigt werden, dass eine große Bandbreite an Probanden vorlag, da es sich um normale Besucher handelte. Bei Schülern ist die Bandbreite etwas enger, so sind die Probanden meist gleich alt und haben meist ähnliche soziale Herkunft und Vorwissen. Außerdem sollten die Ergebnisse hinsichtlich des Interesses differenziert betrachtet werden. So ist es denkbar, dass ein Deckeneffekt für den fehlenden Zuwachs des Interesses bei Probanden mit hohem Interesse verantwortlich ist. Außerdem ist die Verteilung der Gruppen denkbar ungünstig. Da es sich um freiwill-

lige Besuche handelte, waren entsprechend kaum Probanden mit geringem Interesse anzutreffen (angegeben sind 4 %), dagegen sehr viele mit hohem Interesse (64 %). Bei lediglich 100 Probanden ist die Aussagekraft von vier Datensätzen zum niedrigem Interesse statistisch schwer verallgemeinerbar.

Schülerlabore

In den letzten Jahren wurden in Deutschland zwei Arbeiten angefertigt, die sich eingehender mit Schülerlaboren befassen. Beide Studien versuchten zu überprüfen, ob die in die Schülerlabore gesteckten Erwartungen, das Interesse bzw. die Motivation steigern zu können, gerechtfertigt ist. Im Gegensatz zu den zuvor beschriebenen Studien zeichnen sich beide Arbeiten dadurch aus, dass auf ein gefestigtes Grundgerüst aus der psychologischen Forschung aufgebaut wird. Die Ergebnisse beider Arbeiten, trotz methodischer und inhaltlicher Ähnlichkeiten, sind zum Teil aber gegenläufig. Auch aufgrund der Nähe zu der vorliegenden Arbeit, soll an dieser Stelle eingehender auf beide Untersuchungen eingegangen werden.

Engeln (2004)

Die Autorin führte eine Studie durch, in der sie den Einfluss fünf verschiedener Schülerlabore auf das aktuelle Interesse⁸ an Naturwissenschaften überprüfte. Die Probanden bestanden aus Schülern der Klassenstufen 9 und 10, die direkt nach dem Besuch eines Schülerlabors und 12 Wochen später mit Fragebögen befragt wurden. Neben ausführlichen Analysen der Selbsteinschätzungen der Schüler den jeweiligen Laboren gegenüber wurde überprüft, inwieweit die beteiligten Schülerlabore das Potential haben, das aktuelle Interesse positiv zu beeinflussen. Dabei wurde unterschieden zwischen einer emotionalen, wertbezogenen und epistemischen Komponente des aktuellen Interesses. Es fiel auf, dass alle drei Komponenten signifikante Änderungen zwischen der Befragung direkt im Anschluss an den Besuch und 12 Woche später erfuhren. Während die emotionale und die epistemische Komponente abfielen, stieg die wertbezogene Komponente an. Die Autorin wertet diesen mittelfristigen Effekt als Erfolg und widerlegt damit vermeintlich die Erwartung von Rennie (1994) (siehe Seite 29): "Dies deutet darauf hin, dass die Labors es schaffen, Aufgeschlossenheit und Akzeptanz für Naturwissenschaften und Technik zu erzeugen und dies vielleicht sogar nachhaltiger, als man von einem einmaligen Besuch erwarten würde" (Engeln, 2004, S. 117). Die Autorin schließt weiterhin: "Die Ergebnisse zeigen, dass die Labors die in sie

⁸In Kapitel 3 wird auf dieses Konstrukt näher eingegangen.

gesetzten Erwartungen erfüllen und das Potential haben, Interesse an den Naturwissenschaften und Technik zu wecken". (Engeln, 2004, S. 136).

Diese Aussagen sind jedoch mit Vorsicht zu genießen. So bezieht sich die Autorin bei der sehr wohlwollenden Diskussion ausschließlich auf die wertbezogene Komponente und deren Ansteigen in der interventionsfreien Zeit nach dem Schülerlaborbesuch. Selbstverständlich handelt es sich hierbei um einen positiven Effekt, jedoch scheint er auch leicht erklärbar: Aufgrund des großen Abstandes zum regulären (und für die meisten Schüler weniger anregenden) Schulunterrichts sticht die Erfahrung eines Schülerlaborbesuchs entsprechend heraus. Ähnliche Effekte könnte man auch bei anderen Aktivitäten erwarten, die keinen pädagogischen Mehrwert bieten (z. B. bei Sportereignissen). Der inhaltliche Aspekt eines Schülerlaborbesuchs kommt dabei ins Hintertreffen und damit die Frage, ob sich die Schüler auch weiterhin mit der Thematik eines Besuchs auseinandersetzen wollen. Etwaige Effekte müssten in der dies abfragenden epistemischen Komponente zu finden sein. Da aber auch hier ein Abfallen zu erkennen war, ist fraglich, ob die Labore wirklich die in sie gesetzten Erwartungen erfüllen und auch nachhaltige Effekte auftreten.

Mit Blick auf eine längerfristige Wirkung eines Besuchs fordert die Autorin:

Auch sollte untersucht werden, ob die Effektivität von Schülerlabors durch Ergänzung des einmaligen Besuchs des Schülerlabors mit weiteren Aktivitäten, wie zum Beispiel mit einem weiteren Besuch der gesamten Klasse [...] gesteigert wird. In diesem Kontext ist auch die Rolle der Vor- und Nachbereitung zu berücksichtigen. (S. 140)

Desweiteren wird festgestellt, dass die Möglichkeit der Schüler, eigene Entscheidungen bei einem Schülerlaborbesuch zu treffen, nur geringfügigen Einfluss auf die Interessenentwicklung hat. Die Autorin spricht sich dafür aus, dass sich Schülerlabore um Verständlichkeit der Inhalte und Experimente bemühen sollten, gerade im Hinblick auf schwächere Schüler.

Im Gleichklang mit der Mehrzahl von bisher durchgeführten Untersuchungen können keine Geschlechtereffekte aufgedeckt werden. Für Mädchen und Jungen war das Ereignis Schülerlaborbesuch gleichermaßen ansprechend. Darüberhinaus wird gezeigt, dass über 85% der Schüler keine Vorbereitung und 75% keine Nachbereitung im Unterricht erfahren hatten.

Eine Anschlussstudie (Pawek et al., 2006) versucht mit einer größeren Stichprobe die Ergebnisse aus Engeln (2004) zu bestätigen. Detaillierte Ergebnisse liegen jedoch nicht vor, so dass nicht näher auf neue Erkenntnisse eingegangen werden kann.

Brandt (2005)

Der Autor beschäftigte sich ausschließlich mit nur einem Schülerlabor (teutolab Bielefeld), welches auch in Engeln (2004) evaluiert wurde. In diesem Fall wurde der Einfluss eines Besuchs auf motivations- und interessebezogenen Kognitionen von Schülern verschiedener Altersklassen der Sekundarstufe I untersucht. Das Design war ähnlich ausgelegt wie jenes von Engeln (2004). Zusätzlich zu direktem (eine Woche nach Intervention) und nachgelagerten Nachtest (vier Monate nach Intervention) wurde ein Vortest durchgeführt. Auch diese Studie zeigt, dass bei einem Besuch weitestgehend nur kurzfristige Effekte auftreten. So konnte das teutolab kurzfristig das Selbstkonzept und die intrinsische Motivation der beteiligten Schüler steigern. Lediglich die Vorstellung, einen chemiebezogenen Beruf in Erwägung zu ziehen, steigerte sich mittelfristig. Alle anderen erhobenen Variablen wie Sachinteresse, Unterrichtsrelevanz, Faszination an chemischen Phänomenen, Freude an Chemieunterricht, extrinsische Motivation und Freizeitinteresse blieben weitestgehend konstant. Auch dieser Autor fordert vor diesem Hintergrund:

”Eine bessere Verzahnung von Schulunterricht und Labor wäre zur Förderung langfristiger Effekte hilfreich. Es ist anzunehmen, dass die motivationalen, aber auch kognitiven Effekte eines Besuches noch sehr viel stärker wären, wenn eine adäquate Vor- und Nachbereitung der Inhalte und des Besuches im Experimentierlabor erfolgen würden. [...] Gäbe es eine solche Nachbereitung, bekäme der Besuch für die Schüler/-innen einen didaktische nachvollziehbaren Sinn, nämlich dass es sich um eine methodische und anwendungspraktische Ergänzung des Unterrichts handelt und nicht um ein losgelöstes Ereignis. Davon würde nicht nur das Experimentierlabor profitieren, weil seine Eindrücke nachhaltiger verarbeitet würden, sondern auch der schulische Unterricht, indem er durch das Mitmachlabor nicht als gewöhnlich und langweilig entwertet, sondern ergänzt würde.” (Brandt, 2005, S. 185)

Die große Relevanz einer eingehenden Vor- und Nachbereitung wird aus diesen Äußerungen deutlich und unterstreicht die vermutete Wichtigkeit der Einbindung auch auf die Entwicklung affektiver Gesichtspunkte. Abschnitt 2.4 wird zeigen, dass die reale Situation diesen Forderungen jedoch nicht standhalten kann.

Einfluss einer Vor- und Nachbereitung auf affektive Aspekte

Beide Untersuchungen zeigen den Bedarf nach Forschungen zu Vor- und Nachbereitungen auch für affektive Gesichtspunkte. Fassen Schüler einen Be-

such als für den Unterricht wichtig auf, so steigt die Wahrscheinlichkeit, dass der folgende Unterricht einen motivationalen Nutzen aus dieser besonderen Lernsituation ziehen kann. Forschungen dazu sind jedoch rar gesät:

Flexer und Borun (1984) fragten sich, inwieweit eine Nachbereitung auf die Beschäftigung mit einigen Exponaten in einem Museum einen Einfluss sowohl auf kognitive, als auch affektive Aspekte hat. Die drei Untersuchungsgruppen setzten sich aus Schülern zusammen, die nur die Exponate, lediglich eine kleine Lektion über die gleichen Inhalte und erst das Exponat und dann die Lektion besuchten. Es stellte sich heraus, dass die Schüler mit Lektion bzw. dem Exponat in Verbindung mit der Lektion bei einem Wissenstest erwartungsgemäß besser abschnitten, als die Gruppe, die ausschließlich die Exponate anschauen durfte.

Ganz anderen Charakter hatten dagegen die Ergebnisse des affektiven Tests: Hier zeigen sich signifikant bessere Werte für die Gruppen mit Exponaterlebnis. Die Gruppe mit isoliertem Exponaterlebnis übertraf sogar jene, die im Anschluss noch die Lektion absolvieren durfte. Auch war das Interesse, mehr über die Themen lernen zu wollen, bei der Nur-Exponatgruppe signifikant höher.⁹ Es scheint, als würde das Interesse von geringerer Nachbereitung profitieren, ganz im Gegensatz zu kognitiven Aspekten, wo die Nachbereitung überwiegend positive Effekte mit sich bringt.

Dieses gegenläufige Bild von affektiven und kognitiven Aspekten zeigt sich auch in einer Untersuchung von Stronck (1983), der Gruppen mit strukturierter Führung durch ein Museum mit jenen mit unstrukturierter Führung verglich. Auch hier zeigten die Gruppen mit strukturierter Führung zwar höhere Werte in einem Wissenstest, aber dafür geringere bei einem affektiven Test.

Finson und Enochs (1987) entdeckten ebenfalls einen Einfluss der Vor- und Nachbereitung auf affektive Faktoren bei einem Besuch in einem Science-Technology Museum. Allerdings deutet diese Untersuchung darauf hin, dass ein positiver Zusammenhang zwischen der Vor- und Nachbereitung und der Entwicklung affektiver Gesichtspunkte vorliegt. So hatten Schüler mit eingehender Vor- und Nachbereitung signifikant höhere Werte als alle anderen an der Untersuchung beteiligten Gruppen:

⁹Das Interesse, mehr über die Inhalte lernen zu wollen, wird später mit dem in der vorliegenden Arbeit verwendeten Konstrukt der epistemischen Komponente des aktuellen Interesses identifiziert.

"The teachers who made efforts to plan activities with their museum visitation - either by use of pre-visit activities, in-visit activities, post-visit activities or combinations of these - had their efforts reflected in significantly higher class means and student posttest scores." (S. 604)

Außerdem stellt sich interessanterweise heraus, dass die Werte der Gruppen ohne Vorbereitung gegenüber den Werten einer Gruppe ohne Museumsbesuch sogar abfielen. Eine fehlende Vorbereitung hat demnach den gleichen Effekt wie das völlige Fehlen einer Intervention, ein Sachverhalt also, der die Relevanz der Vorbereitung mehr als deutlich macht.

Die Autoren betonen auf den Ergebnissen der Studie begründet weiterhin, dass "good, sound pedagogy applies to museum visitation as well as to traditional classroom lessons". Rennie und McClafferty (1996) bemerken nach Wymer (1991) gar, dass dieser Aspekt oftmals eine Nebenrolle spielt: "Didacticism is a dirty word among the interactive science fraternity, the emphasis being on exploration and enjoyment." Daher unterstreichen sie die Wichtigkeit einer Wechselwirkung von Besuchen in außerschulischen Lernorten und dem Unterricht in der Schule und stellen aus der Sicht affektiver Aspekte fest:

"The findings of this research suggest that affective outcomes also may be positively influenced by associated instruction. These results suggest that the visit experience needs to be put into the context of classroom learning for maximum benefit to be gained from the visit". (Rennie, 1994, S. 268)

Jarvis und Pell (2005) bestätigen die positiven Effekte, die mit einer Vor- und Nachbereitung einhergehen. Die Autoren stellen eine Studie vor, in der Schulklassen der 6. Klasse im Laufe von 5 Monaten mit Hilfe von Fragebögen und Interviews begleitet wurden und einmal ein Science Center (zum Thema Space Science) besuchten. Die Fragebögen konzentrierten sich auf affektive Aspekte, wie z. B. Interesse an Space Science. Die Messpunkte waren vor dem Besuch, wenige Tage, 2 Monate und 5 Monate danach. Es zeigt sich, dass offenkundig die Art der Vorbereitung die Entwicklung der affektiven Komponente stark beeinflusst. So gab es Klassen, deren Werte auf hohem Niveau stagnierten. Diese erfuhren eine ausführliche Vor- und Nachbereitung, während solche mit weniger Vorbereitung auf niedrigerem Niveau zu finden waren. Betrachtet man die Gesamtheit der Klassen, so ergab sich ein kurzes Ansteigen und anschließend ein Absinken im Laufe der folgenden 5 Monate. Die Autoren betonen daher, dass ihre Studie keinen Hinweis auf langfristige Effekte von Besuchen außerschulischer Lernorte zulässt.

Wie zu erkennen ist, geben die beschriebenen Forschungsergebnisse ein teilweise sehr widersprüchliches Bild ab. Mit großer Wahrscheinlichkeit liegt der Grund in der fehlenden ausreichenden Definition affektiver Aspekte, wie "Einstellung" oder "Interesse". Die Arbeiten von Engeln (2004) und Brandt (2005) geben die Richtung vor, die die Wirksamkeitsforschung einschlagen muss, um generalisierbarere Ergebnisse erhalten zu können. Der Blick auf Erkenntnisse der psychologischen Forschung ist daher unabdingbar und für zukünftige Arbeiten unbedingt erforderlich. Im Lichte der geringen Zahl an Forschungsarbeiten merken Du Sablon und Racette (1991) daher an:

"Mais – est-il nécessaire de le rappeler – la recherche dans ce domaine est encore jeune et de nombreuses études devront être menées afin d'éclairer les action des divers intervenants en éducation muséale." (S. 348)

"Die Forschung auf diesem Gebiet ist aber – daran sollte man sich erinnern – noch jung und viele Untersuchungen sollten noch durchgeführt werden, um die diversen Einflüsse bei der Museumsbildung herauszufinden."

Das Erfordernis nach Forschung an kognitiven als auch affektiven Lernzielen auf diesem Gebiet scheint vor dem Hintergrund der bisher vorgestellten Arbeiten noch längst nicht ausgeräumt. Es steht weiterhin die Frage im Raum, wie es außerschulischen Einrichtungen mit informellem Charakter gelingen kann, die formelle Ausbildung in der Schule zu bereichern. Hofstein und Rosenfeld (1996) schließen gar im Anschluss an ihr Review zur Forschung über die Wechselwirkung von informellen und formellen Lernen an:

"While we have good reason to believe that informal learning experiences can enrich school science, we know relatively little about how theses experiences can best be integrated into the school curriculum. Future research in science education should focus on how to effectively blend informal and formal learning experiences in order to significantly enhance the learning of science." (Hofstein und Rosenfeld, 1996, S. 107)

Die vorliegende Arbeit wird daher versuchen, Erkenntnisse zu liefern, die einen Teil zur Erfüllung dieser Forderung beitragen können.

2.4 Einbindung von Besuchen außerschulischer Lernorte in den Schulunterricht – reale Situation

Im Laufe dieses Kapitels wurde deutlich, dass die Mehrzahl der Forschungsarbeiten einen positiven Effekt bei der Einbindung von Besuchen außerschulischer Lernorte in den Schulunterricht erkennt. Dies gilt sowohl für kognitive als auch für affektive Lernziele. Aus diesem Grund werden Lehrer aufgefordert, die Besuche im Unterricht aufzuarbeiten. Neben den grundlegenden positiven Effekten, die mit einer Einbindung einher gehen, werden auch negative Nebenwirkungen informellen Lernens, wie z. B. die Ausbildung von Fehlvorstellungen vermieden. Vor allem bei jüngeren Schülern erscheint es sinnvoll, sie auf die wissenschaftlichen Konzepte, die sie im Museum erwarten, vorzubereiten, um zu verhindern, dass sich Fehlvorstellungen zu sehr in den Köpfen der Schüler ausbilden.

Bitgood (1989) stellt fest, dass eine Aufarbeitung der Besuche im Unterricht offensichtlich leider nicht im gewünschten Maße geschieht:

”Therefore, one might expect that teachers cognizant of contemporary constructivist theories of learning would be eager to explore and exploit these new experiences to guide their students’ developing understanding of science through the visit to informal learning centers followed by appropriate post-visit activities. The reality is that teachers seldom implement post-visit activities specifically designed to do so.” (aus Bitgood (1989) zitiert in: Anderson et al., 2000, S. 659)

Griffin et al. zeigen in einigen Untersuchungen (Griffin, 1994; Griffin und Symington, 1997), dass tatsächlich nur sehr wenige Schulklassen auf einen Besuch in einem Museum vorbereitet werden. Bei diesen wenigen konzentrierte sich die Vorbereitung sogar dann lediglich auf organisatorische Aspekte. Auch die Frage nach einer Nachbereitung beantworteten die an den Studien beteiligten Lehrer negativ: obgleich Absichtserklärungen abgegeben wurden, wurde aus dem Besuch sehr wenig im Unterricht aufgenommen (siehe auch Tal et al., 2005). Eysel und Schallies (2003) bemerken, dass die fehlende Einbindung in den Unterricht dazu führt, dass der Besuch reinen ”Ausflugscharakter” erhält und sich die Schüler lediglich als ”Touristen” fühlen, ohne konkrete Vorstellungen über einen möglichen Ablauf oder Inhalte zu haben. Kisiel (2005) zeigt, dass zwar 90% der untersuchten Lehrer das Ziel haben, den Besuche in den Unterricht einzubinden, aber nur 23% es als erforderlich ansahen, dass auch Schüler diese Verbindung herstellen. Diese Diskrepanz

wiegt daher so schwer, da besonders die Schüler eine Verknüpfung zwischen Besuch und Unterricht herstellen müssen. Sie sind ja auch diejenigen, die einen kognitiven oder affektiven Zuwachs erkennen lassen sollen.

Dass sich diese Forderung nicht nur aus rein ergebnisorientierten Tatsachen ergibt, macht eine beispielhafte Schüleraussage aus Griffin und Symington (1997) deutlich: "It [der Besuch, Anm. d. Autors] needs to have something to do with school so we can relate what we're seeing here to what we're doing at school."

Auch im deutschsprachigen Raum findet zur Zeit eine detailliertere Auseinandersetzung zu diesem Thema statt. Klaes und Welzel (2006a) stellen eine Untersuchung vor, in der Erkenntnisse über die bisherigen Erfahrungen, Einstellungen und Erwartungen der Lehrkräfte mit außerschulischen Lernorten gewonnen wurden. Eine erste Befragung ergab, dass Lehrer durchaus großes Interesse an Besuchen in außerschulischen Lernorten hatten und dass das Thema des Besuches aus ihrer Sicht gut zu dem laufenden Unterricht passte. So gaben 54% der Lehrer an, dass ein Besuch den darauffolgenden Unterricht beeinflusste. Leider wurden keine Aussagen über das Ausmaß der Beeinflussung getroffen. So ist fraglich, ob eine Nachbereitung im Unterricht über eine reine Nachbesprechung hinaus geht oder ob auch inhaltliche Aspekte aufgegriffen und weiterentwickelt wurden.

Gründe für die Zurückhaltung der Lehrer sind vielfacher Natur. Zunächst ist dies die teilweise auftretende geringe Kompetenz der Lehrer für ein bestimmtes Fach. So zeigt Bailey (1988), dass vor allem bei Besuchen von Grundschulklassen Rahmenbedingungen gegeben sind, die eine Vor- und Nachbereitung sehr erschweren. Ähnlich der Berliner Situation des neu geschaffenen Schulfaches "Naturwissenschaften" (NaWi) ab der 5. Klasse, sind auch US-amerikanische Lehrer dieser Schulstufe in der schwierigen Situation, dass sie für naturwissenschaftliche Inhalte schlichtweg nicht ausgebildet wurden. Die in den letzten Jahren um sich greifende reflexartige Bewegung nach Untersuchungen wie PISA oder TIMSS mit den anschließenden Folgerungen, gerade auch jüngere Schüler naturwissenschaftlich zu fördern, zeigt die Defizite in der Lehrerbildung für untere Schulstufen auf. Diese Lehrer sind nicht dazu imstande, Besuche ohne Hilfe adäquat vor- und nachzubereiten, geschweige denn, einen naturwissenschaftlichen Unterricht zu planen und durchzuführen. Dies macht neue Arten von Lehrerfortbildungen erforderlich, die sich dieser Problematik annehmen. Krüger und Schön (2006), sowie Klaes und Welzel (2006b) zeigen Möglichkeiten auf, wie außerschulische Lernorte ihrerseits einen Beitrag zur Lehrerbildung leisten können.

Zum Zweiten sind die Lehrer oftmals mit dem zu besuchenden außerschulischen Lernort nicht bekannt (Orion und Hofstein, 1994). Absprachen zwischen Lernort und Lehrer kommen nicht zustande. Im Regelfall werden den

Lehrern auch keine Materialien und Handreichungen zur Vor- bzw. Nachbereitung zur Verfügung gestellt. Sollte dies aber dennoch der Fall sein, greifen die Lehrer in überwiegender Zahl nicht darauf zurück (Tal et al., 2005). Auch die Effektivität von außerschulischen Einrichtungen sind den Lehrern nicht in der Gänze bekannt. "[T]eachers perceive the field trip as a fun event and not as a well-planned educational experience [...] The teachers do not get enough experience, and do not apply their professional pedagogical knowledge on museum settings." (Tal et al., 2005).

Zum Dritten sind den Lehrern organisatorische Fesseln angelegt. Sie können meist nicht selbst entscheiden, zu welchem genauen Zeitpunkt ein Besuch stattfinden soll (Kisiel, 2005). Die mitunter langen Wartelisten bei einigen Lernorten oder von der Schule auferlegte feste Zeitpunkte für einen Ausflug lassen es nicht zu, punktgenaue Abstimmungen zwischen Unterricht und Besuch zu schaffen.

Anbetracht dieser Rahmenbedingungen erscheint eine adäquate Berücksichtigung der auf Seite 21 aufgeführten Handlungsanweisungen nach Orion (1989a, 1993) umso schwieriger. Dennoch sollte versucht werden, diese einzuhalten, um eine möglichst effektive Nutzung außerschulischer Lernorte zu erreichen. Die in der vorliegenden Arbeit vorgestellte Untersuchung versucht daher, diese Eckpunkte über die Nutzung eines speziellen Designs einzuhalten (siehe Kapitel 5) und darüber Aussagen über die Folgen für die Interessenentwicklung der Schüler zu treffen.

Kapitel 3

Interessentheorie

In der Interessenforschung sind im Laufe der Jahre eine Reihe von theoretischen Modellen entstanden, die ein mehr oder weniger einheitliches Bild abgeben. Krapp (1992a,b, 1998, 1999a, 2002) versuchte über die Suche nach Gemeinsamkeiten ein in sich geschlossenes Interessenmodell zu entwickeln. Aufbauend auf die "Rahmenkonzeption für eine pädagogische Interessentheorie" (Prenzel et al., 1986) wurde eine vereinheitlichende Theorie entwickelt, die auf Aspekten des "individuellen Selbst" aus der Theorie der Selbstbestimmung (Deci und Ryan, 1991, 1993; Ryan und Deci, 2000) aufbaut und dabei das Konzept der intrinsischen Lernmotivation berührt. Äquivalent zum Konstruktivismus bei kognitiven Aspekten wird bei diesem Interessenmodell eine rein personenzentrierte Interpretation des menschlichen Erlebens und Verhaltens abgelehnt. Vielmehr ergeben sich Interessenhandlungen aus einer wechselseitigen Abhängigkeit zwischen Mensch und Umwelt (*Person-Gegenstands-Relation*).

Das Kapitel beschreibt die grundlegenden Facetten der Interessentheorie und nimmt dabei Bezug auf verwandte motivationale Theorien. Vor allem die theoretischen Grundannahmen zur Entwicklung von Interesse werden eingehend beschrieben, da sie für die vorliegende Arbeit von besonderer Bedeutung sind.

3.1 Gegenstandsbegriff

Gegenstände werden als Ereignisse, Zusammenhänge, andere Lebewesen oder Veränderungen interpretiert. Diese bilden in der kognitiv repräsentierten Umwelt, die das Individuum erlebt, bestimmte, mehr oder weniger voneinander abgegrenzte Teilbereiche, über die Wissen erworben und ausgetauscht werden kann. Gegenstände sind dabei nicht nur Themen und reale Objekte, sondern

auch spezielle Tätigkeiten oder Auseinandersetzungsformen und Kontexte. Die IPN-Studie zum Physikinteresse (Hoffmann et al., 1998) unterscheidet zwischen drei Aspekten des Interessengegenstandes: Inhalt, Tätigkeit und Kontext.

Zu Beachten ist, dass der Gegenstand zwar außerhalb der Person existiert, die persönliche Einstellung jedoch gegenüber dem Gegenstand über die Behandlung desselben entscheidet. Eine objektive Betrachtung eines Gegenstands ist demnach nicht-existent. Nur über gesellschaftlichen/sozialen Konsens kann ein gewisser Grad an Objektivität erreicht werden, der aber wiederum von der jeweiligen Peer-Group abhängen kann. "Gegenstände sind somit auch immer kulturell oder sozial bestimmt" (Prenzel et al., 2000).

3.2 Selbstbestimmungstheorie

Intrinsische Motivation zeichnet sich dadurch aus, dass die jeweilige Gegenstandsauseinandersetzung um ihrer selbst willen geschieht. "Die Handlung fungiert gewissermaßen als ihre eigene Belohnung" (Schiefele und Schreyer, 1994). Die extrinsische Motivation bezeichnet Handlungen, die aus Gründen durchgeführt werden, die mit dem jeweiligen Gegenstand nicht im direkten Zusammenhang stehen. So ist das Streben eines Schülers, gute Noten zu erhalten, um damit negative Bewertungen von Lehrern oder Eltern zu vermeiden, extrinsisch motiviert.

Die Selbstbestimmungstheorie nach Deci und Ryan (Deci und Ryan, 1991, 1993; Ryan und Deci, 2000) versucht, das Auftreten intrinsischer bzw. extrinsischer Motivation zu erklären. Diese Theorie wurde von Krapp auf das Interesse übertragen. Sie stellt das "individuelle Selbst" in den Vordergrund. Jeder Mensch hat nach dieser Theorie den innewohnenden Antrieb, bestimmte grundlegende Bedürfnisse (basic needs) zu befriedigen und entsprechende Gegenstandsauseinandersetzungen auszuführen. Drei Bedürfnisse werden dabei identifiziert und als hinreichend erklärt: *Kompetenzerleben*, *Autonomie* bzw. *Selbstbestimmungserleben* und *Wunsch nach sozialer Eingebundenheit*.

Kompetenzerleben:

Ein Individuum hat das Bedürfnis, Herausforderungen seiner Umwelt gewachsen zu sein. Es möchte gewiss sein, sich anstehenden Aufgaben oder Situationen gegenüber als handlungsfähig zu erweisen. Kompetenzerfahrungen setzen ebenfalls ein gewisses Autonomieempfinden voraus: Nur wenn das Individuum das Gefühl hat, die Lösung eines Problems selbständig erarbeitet

zu haben, empfindet es dies als Bestätigung des eigenen Könnens (Selbstwirksamkeitsempfindungen).

Autonomieerleben:

Autonomie ist das Streben nach Eigenständigkeit und gerade hinsichtlich etwaiger Lehr-/ Lernsituationen nicht mit dem Bedürfnis nach vollständiger Unabhängigkeit gleichzusetzen, sondern mit dem Gefühl des Lerners, dort Handlungsfreiheit zu besitzen, wo er aus eigener Kraft heraus Aufgaben erfolgreich bewältigen kann.

Wunsch nach sozialer Eingebundenheit:

Das Individuum hat das Verlangen nach befriedigenden Sozialkontakten, d. h. nach Anerkennung und Akzeptanz einzelner Personen oder auch Personengruppen. Dies erklärt die signifikante Rolle von Peer-Groups, die insbesondere in der Schullaufbahn eine große Rolle spielen. Eine Identifikation mit Verhaltensmustern, Werten und Handlungszielen jener Sozialkontakte führen zu einer Revision eigener Handlungs- und Denkweisen und beeinflussen damit das Sozialverhalten des Individuums.

Intrinsisch motivierte Gegenstandsauseinandersetzungen befriedigen in erster Linie die Bedürfnisse nach Kompetenz- und Autonomieerleben, wohingegen extrinsisch motivierte mit allen drei Bedürfnissen verbunden sind. Diese Punkte sind für die Interessentheorie deshalb von Bedeutung, da sie erklären, warum eine Person bestimmte Interessen zeigt bzw. warum sie sich in einer bestimmten Art entwickeln. Werden alle Bedürfnisse des Individuums innerhalb einer Handlung befriedigt, so stellt sich das sogenannte "Flow-Erleben" ein (Csikszentmihalyi, 1990). Die Person ist innerhalb seiner Handlung total eingebunden und äußere Einflüsse können nicht von der Handlung ablenken (Sorgen, Müdigkeit etc.).¹ Man sollte beachten, dass im Schulalltag sowohl die intrinsische als auch die extrinsische Motivation eine Rolle spielt. Dabei sollte man die extrinsische Motivation nicht als Antipol zur intrinsischen Motivation auffassen. Lehrer sind immer der Herausforderung ausgesetzt, Schüler extrinsisch zu motivieren, da intrinsisch motivierende Gegenstände in der Schule im Allgemeinen die Seltenheit sind. "Gerade dann,

¹Während das Flow-Erleben aus Sicht von Deci und Ryan eine Begleiterscheinung der intrinsischen Motivation ist, sieht Csikszentmihalyi in seiner alternativen Theorie im Flow-Erleben die entscheidende Bedingung intrinsischer Motivation. Beiden Konzeptionen ist jedoch gemein, dass das "Selbst" als "Energiequelle" intrinsischer Motivation dient (Schiefele und Schreyer, 1994).

wenn keine intrinsische Lernmotivation vorhanden ist, wird das Vorhandensein von extrinsischer Lernmotivation wichtig.” (Schiefele und Schreyer, 1994)

3.3 Interessenkonstrukt

Das Interesse ist ein mehrdimensionales Konstrukt. Von einer Interessenhandlung wird genau dann gesprochen, wenn die Auseinandersetzung planvoll und zielgerichtet auftritt. Die Auseinandersetzung geschieht in einer gewissen Situation bzw. einem bestimmten Kontext, in dem die Person mit dem Gegenstand interagiert. Von entscheidender Bedeutung ist, dass die Interaktion aus einer Selbstbestimmtheit heraus motiviert ist (intrinsisch motiviert), dass sich die Person also aus ”eigenem Antrieb” heraus mit dem Gegenstand beschäftigt. Auf dieser Ebene spricht man von *dispositionalem Interesse*. Die Beschäftigung mit einem Interessengegenstand führt zu einer Aktualisierung des dispositionalen Interesses und wird daher auch *aktualisiertes dispositionales Interesse* genannt. Beide Aspekte werden zum *individuellen Interesse* zusammengefasst und in einiger Literatur unter den Begriff *Person-Gegenstands-Bezug* subsummiert.

Ist die Interessenhandlung dagegen von außen induziert, haben also gegenstands- und situationsimmanente Anreize (*Interessantheit* eines Gegenstands) Anlass dazu gegeben, sich mit jenem Gegenstand zu befassen, ist vom *situationalen Interesse* oder einer *Person-Gegenstands-Beziehung* die Rede. Mehrmalige Auseinandersetzungen mit einem reizvollen Gegenstand, demgegenüber vor der Handlung kein ausgeprägtes individuelles Interesse existierte, können ihrerseits dazu führen, dass diese sich in einer stabilen individuellen Handlungsbereitschaft manifestieren, der Bereitschaft, sich weiterhin aus eigenem Antrieb mit dem Gegenstand zu beschäftigen (siehe dazu Abschnitt 3.6).

Da sowohl das aktualisierte dispositionale als auch das situationale Interesse bei der Beschäftigung mit Handlungsgegenständen den psychischen Zustand einer Person beeinflussen und beide Aspekte nicht klar voneinander abgrenzbar sind, wird in diesem Zusammenhang der Begriff des *aktuellen Interesses* eingeführt (Abbildung 3.1).

Upmeyer zu Belzen und Vogt (2001) erweitern den Interessenbegriff um die Aspekte *Indifferenz* und *Nicht-Interesse*, um die Interessenskala auch auf die negative Seite hin auszudehnen. Indifferenz ist ein Zustand, der sich dadurch auszeichnet, dass bisher keine Person-Gegenstands-Auseinandersetzung stattgefunden hat. Demzufolge ist die Indifferenz weder der dispositionalen Anlage der Person (Person-Gegenstands-Bezug), noch der Interessantheit einer Lernumgebung (Person-Gegenstands-Beziehung) zuzuschreiben. Die Entscheidung

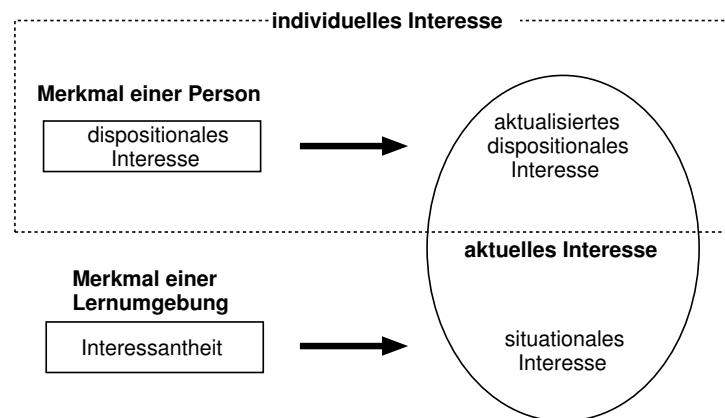


Abbildung 3.1: Das Interessenkonstrukt (aus: Engeln (2004) nach Krapp, 1992a,b, 1998, 2002).

zu einer Gegenstandsauseinandersetzung ist im allgemeinen fremdgeleitet und bestimmt durch soziale Gegebenheiten.

Das Nicht-Interesse lässt sich wiederum unterteilen in *Desinteresse* und *Abneigung*. Eine desinteressierte Person verfügt nur über geringes Wissen zum Gegenstand und verbindet mit diesem tendenziell negative Gefühle. Solange keine fremdbestimmten Handlungen ausgeführt werden, handelt die Person passiv, es bilden sich demnach also nur negativ besetzte Person-Gegenstands-Bezüge bzw. -Beziehungen auf. Im Gegensatz dazu hat sich bei einer Abneigung bereits ein Person-Gegenstands-Bezug herausgebildet, der dazu führt, dass weitere Auseinandersetzungen mit dem negativ konnotierten Gegenstand vor dem Hintergrund bereits gemachter Erfahrungen vermieden werden (Abbildung 3.2).

3.4 Komponenten des Interesses

Es werden drei verschiedene Komponenten unterschieden, mit denen das Interesse charakterisiert werden kann: eine kognitive, eine emotionale und eine wertbezogene (Krapp, 1992a, 1999b, 2002). Diese werden wie folgt definiert:

kognitive Komponente

Eine Interessenhandlung hat immer auch eine epistemische Richtung, d. h., eine Beschäftigung mit einem Gegenstand hat das Verlangen nach Erweiterung von Wissen bzw. Verbesserung von Fähigkeiten als Hintergrund. Im folgenden wird diese Facette als epistemische Komponente bezeichnet.

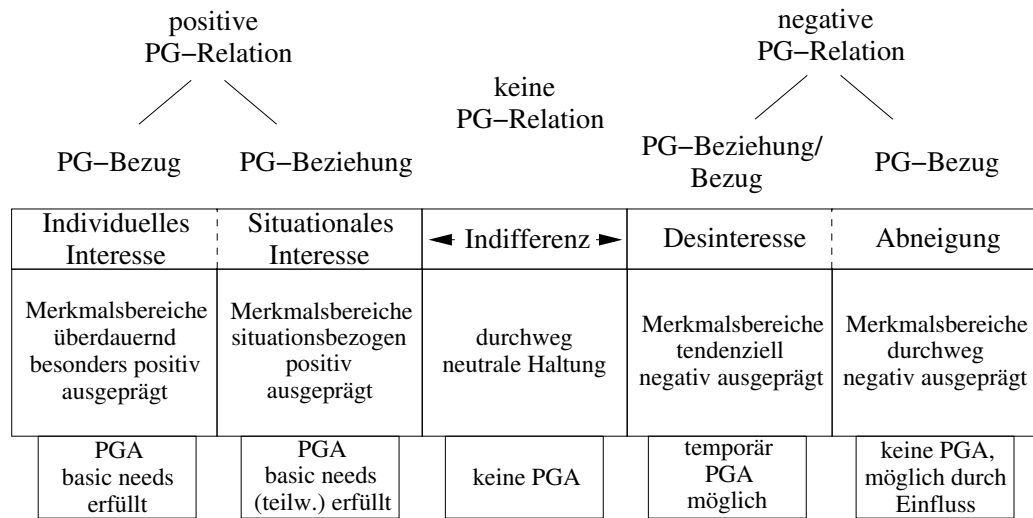


Abbildung 3.2: Skala des Interesses nach Upmeyer zu Belzen und Vogt (2001) (Merkmalsbereiche: Emotion, Wert, Kognition; PG-Bezug: Person-Gegenstands-Bezug, PG-Beziehung: Person-Gegenstands-Beziehung, PGA: Person-Gegenstands-Auseinandersetzung)

emotionale Komponente

Die Interessenhandlung wird als anregend erlebt und weckt bei der Person positive Gefühle und Erinnerungen. Diese Komponente lässt sich über mehrere Merkmale bestimmen, wie z. B. eine insgesamt positiv erlebte Gefühlslage vor, während und nach der interessenorientierten Tätigkeit, Spannungserleben, Kompetenzgefühle (Flow-Erleben) (Csikszentmihalyi, 1990), Selbstbestimmungsgefühle etc. Krapp (1992a) erscheint dabei die These plausibel, dass eine Interessenhandlung dann positiv erlebt wird, wenn die grundlegenden Bedürfnisse gemäß der Selbstbestimmungstheorie nach Kompetenzerfahrung, Selbstbestimmung und soziale Eingebundenheit befriedigt sind. Damit einher geht die Forderung, dass der Interessengegenstand ein optimales Anforderungsniveau besitzen muss, damit sich die Person also weder über- noch unterfordert fühlt.

wertbezogene Komponente

Der Interessengegenstand nimmt in der personellen Struktur des Individuums eine besondere Bedeutung ein, über die sich die Person mit dem Gegenstand identifiziert. Interessenhandlungen werden persönlich als besonders relevant eingestuft und die damit einhergehenden Ziele sind mit dem im Selbstkonzept enthaltenen Einstellungen, Erwartungen und Werten kompatibel (Krapp, 1992a).

3.5 Interessengenese

Nach Auffassung von Todt et al. (Todt et al., 1991; Todt und Schreiber, 1998) kann die Genese des individuellen Interesses in vier Abschnitte unterteilt werden (aus: Krapp, 2002):

frühe Kindheit: In der frühen Kindheit dominieren bei allen Kindern überwiegend identische Interessen, die eng mit der frühen kognitiven Entwicklung gekoppelt sind und die darauf ausgelegt sind, grundlegende mentale Strukturen auszubilden.

ab dem 4. Lebensjahr: Das Kind beginnt, sich bewusst mit dem eigenen Geschlecht auseinanderzusetzen und eine passende Geschlechterrolle auszubilden.

11. bis 13. Lebensjahr: Soziale Strukturen treten ins Bewusstsein der Kinder und führen zur Ausbildung von Werten, Zielen und Abneigungen, die aus Vorbildeffekten gewisser sozialen Gruppen (Peer-Groups) heraus entstehen.

während der Adoleszenz: Einzigartige Interessen bilden sich heraus, die Person entwickelt sich zu einem Individuum. Interessen werden vor diesem Hintergrund weiterverfolgt oder auch fallengelassen. Dies macht deutlich, dass ein Abfallen von Interesse an bestimmten Schulfächern nicht zu vermeiden ist, da jede Person ihre Interessen individuell ausschärft.

Während dieser Phasen spielt sich die Interessengenese auf verschiedene Art und Weise ab. Fink (1992) regt dabei drei verschiedene Modelle an: das *Wachstumsmodell*, das *Kanalierungsmodell* sowie das *Überlappungsmodell*. Das Wachstumsmodell bezieht sich auf die zunehmende Diversifizierung bzgl. eines Gegenstandes mit dem Einbau zusätzlicher Tätigkeiten oder Inhalte. Das Kanalierungsmodell beschreibt den Vorgang einer Selektion von Teilbereichen bestimmter Gegenstände auf Kosten anderer. Das Überlappungsmodell schließlich berücksichtigt Vermischungen verschiedener Gegenstandsbereiche mit gemeinsamen Schnittmengen (siehe Abbildung 3.3).

Prenzel et al. (2000) mahnen an, dass Interessenstudien bisher vorwiegend an Studenten und Schülern der Sekundarstufe I durchgeführt wurden. Jüngere Schüler, wie z. B. Vorschulkinder oder Grundschüler sind eher selten Gegenstand des Forschungsinteresses. Insbesondere fehlen Studien, die sich nicht nur mit dem individuellen Interesse befassen, sondern sich auch damit beschäftigen, wie Interesse im Unterricht aktualisiert wird:

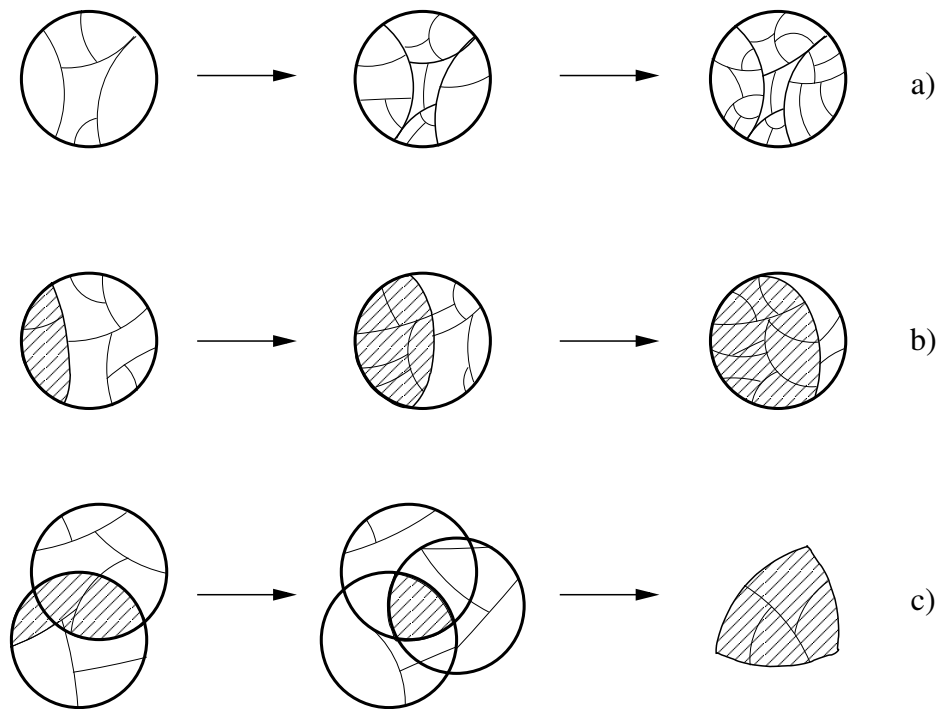


Abbildung 3.3: Hypothetische Verlaufsmodelle der Interessengenese aus Fink (1992): a) Wachstumsmodell, b) Kanalisierungsmodell und c) Überlappungsmodell.

”So könnte z.B. der Frage nachgegangen werden, wie sich im Fachzusammenhang aus wiederholten Aktualisierungen von Neugier und von einem situationalen Interesse im Lauf der Zeit eine stabilere Interessiertheit gegenüber Inhaltsgebieten oder Fächern oder gar eine klare Präferenzstruktur entwickelt.” (Prenzel et al., 2000, S. 25)

Die vorliegende Studie mit den wiederholten Besuchen in einem Schülerlabor und ihrer längsschnittartigen Charakteristik (siehe Kapitel 5) bezieht daher auch jüngere Schüler der 5. Jahrgangsstufe ein.

Es wird zwar festgestellt, dass Konstrukte wie individuelles Interesse bei jungen Altersklassen noch nicht ausgeprägt und stabil und entsprechend mit Vorsicht zu genießen sind (Prenzel et al., 2000 verweisen dabei auf eine Studie von Kasten und Krapp, 1986). Jedoch weisen die Autoren darauf hin, dass es trotzdem zulässig sei, bei Schülern im Grundschulalter von Interesse zu sprechen. Die gleiche Meinung vertritt Wieder (1999), die zeigt, dass in der Tat schon bei Vorschulkindern definierbare Interessen anzutreffen sind, die der obigen Definition genügen.

3.6 Induzierung von Interesse

Wie kann es erreicht werden, dass eine über Anregungen von außen induzierte Neugierde in einer anhaltenden Bereitschaft mündet, sich weiterhin selbstbestimmt mit einem Interessengegenstand zu beschäftigen? Mehrmalige und anregende Auseinandersetzungen mit einem Gegenstand können dazu führen, dass diese sich in einer stabilen individuellen Handlungsbereitschaft manifestieren.² Diese feste Handlungsbereitschaft wird dann zu einer inhärenten Disposition der Person:

”Die fortlaufenden bzw. regelmäßig wiederkehrenden Auseinandersetzungen mit diesen Gegenständen hinterlassen in der Persönlichkeitsorganisation des Individuums dauerhafte dispositionelle Spuren.” (Fink, 1992, S. 54)

Individuelles Interesse an den Themen, die in der Schule angeboten werden, ist meist nicht vorhanden. Trotzdem ist u. a. ein Bestandteil des Bildungsauftrages an die Schule, dass sie situationales Interesse erzeugen und dieses möglichst in individuelles überführen soll. Im Idealfall gelingt es ihr, dass Interessengegenstände über äußere Anstöße und Anreize in den Wertekanon der Person übernommen werden und die Person sich mit jenen identifiziert. Dafür müssen bestimmte Rahmenbedingungen gegeben sein. Krapp (1992a) formuliert dazu:

”Eine wichtige Rolle spielen zufällig auftretende oder gezielt hervorgerufene Anreize aus der Umwelt, die das Individuum neugierig machen und explorative Tendenzen hervorrufen. Die ersten Kontakte können auch durch fremdbestimmte Forderungen zustandekommen. Die Auseinandersetzungen mit dem u. U. neuen Gegenstand rufen Erlebnisweisen hervor und führen zu Erfahrungen, die das Individuum veranlassen, sich zu einem späteren Zeitpunkt von selbst, ohne äußere Anreize und ohne extern gesteuerte Handlungsveranlassung, erneut mit dem Gegenstand zu befassen.” (S. 232)

Bei der Entwicklung von individuellem Interesse sind drei Stufen von Bedeutung, die der Selbstbestimmungstheorie entnommen sind. Diese Stufen berücksichtigen den Grad an wahrgenommener Selbstbestimmung, die nach

²Daher wurde für die vorliegende Arbeit ein Design gewählt, welches den Einfluss dreimaliger Besuche eines Schülerlabors auf das aktuelle Interesse untersuchte, mit der Hoffnung, dass sich hierüber Effekte nachweisen lassen, die bei einmaligem Besuch nicht nachweisbar sind.

jener Theorie einen großen Einfluss auf die Akzeptanz von außen angetragener Handlungen hat, also extrinsisch motiviert sind. So wird postuliert, dass folgende Abstufungen zur extrinsischen Motivation existieren:

Introjektion: Das Individuum führt Handlungen nur aus, um Schuldgefühle zu vermeiden. Die Kontrolle kommt von außen, wurde aber schon verinnerlicht.

Identifikation: Die Person ist in einem gewissen zeitlichen Rahmen durchaus bereit, sich über Pflichtgefühle oder Nützlichkeitserwägungen hinweg mit einem Gegenstand auseinander zu setzen. Entscheidend ist, dass die Person das Gefühl hat, etwas zu tun, was für sie persönlich wichtig ist.

Integration: Ist eine Passung zwischen individuellem Interesse und Handlungsgegenstand erreicht, so ist die Eingliederung in die Struktur des individuellen Selbst gelungen. Die Tätigkeit selber ist das Ziel der Handlung. Krapp (1992a): "Ein ursprünglich extrinsischer motivationaler Anreiz ist dann zu einem Handlungsanreiz geworden. Die Endstufe der Interessenentwicklung ist erreicht."

Am Ende dieses Internalisierungsprozesses steht im idealen Fall eine Aufnahme des Handlungsgegenstandes in die dispositionale Persönlichkeitsstruktur. Dabei ist zu beachten, dass eine ursprünglich intrinsisch motivierte Handlung über zu starke Kontrolleinflüsse von außen als weniger selbstbestimmt aufgefasst werden könnte, was zur Folge hätte, dass die intrinsische Motivation verloren geht (Deci und Ryan, 1993; Deci et al., 2001). Zu diesen Kontrolleinflüssen zählen neben Strafandrohungen und Belohnungen auch die Vergabe von Noten und Bewertungen. Eine bestehende intrinsische Motivation kann also durch gewisse Bedingungen wieder verloren gehen.

Der gleitende Übergang zwischen den Abstufungen der extrinsischen Motivation bedeutet jedoch nicht, dass von der Stufe der geringsten Selbstbestimmtheit aus jede einzelne durchlaufen werden muss. Bei bestimmten Rahmenbedingungen können Sprünge auftreten.

"A person might originally get exposed to an activity because of an external regulation (e. g., a reward), and (if the reward is not perceived as too controlling) such exposure might allow the person to experience the activity's intrinsically interesting properties, resulting in an orientation shift" (Ryan und Deci, 2000, S. 63).

Während das Wecken einer kurzzeitigen Neugier mittels spezieller Anreize in einer Lernumgebung relativ einfach zu realisieren ist, ist das langanhaltende Bedürfnis nach interessen geleiteten Auseinandersetzungen mit einem Gegenstand sehr viel schwieriger zu erreichen. Im Zuge dieses Problems unterscheidet Mitchell (1993) innerhalb des situationalen bzw. aktuellen Interesses zwischen einer "Catch"- und einer "Hold"-Komponente.³ Um einen Schüler "einzufangen", kann sich der Lehrer vieler Techniken bedienen (z.B. Diskrepanzen erzeugen oder Überraschungen auslösen, Gruppenarbeit initiieren oder Computer benutzen). Hier wirken in erster Linie "Catch"-Komponenten förderlich auf das erste Auftreten eines situationalen bzw. aktuellen Interesses (**Stufe 1** in Abbildung 3.4).

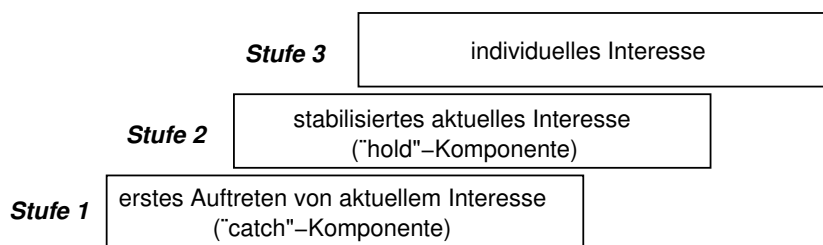


Abbildung 3.4: Interessenentwicklung (nach: Krapp, 2002, S. 399).

Um jenes kurzzeitig auftretende Interesse zu stabilisieren (**Stufe 2**), müssen zusätzlich besondere motivationale Anreize geschaffen werden, die über das Vergeben von Noten hinaus gehen ("Hold"-Komponenten). Es muss erreicht werden, dass der Schüler den Unterricht als etwas Sinnvolles ansieht.⁴ Mitchell spricht in diesem Zusammenhang von "meaningfulness" und "involvement". Auch Ryan und Deci (2000) bemerken dazu:

"To fully internalize a regulation, and thus to become autonomous with respect to it, people must inwardly grasp its meaning and worth. It is these meanings that become internalized and integrated in environments that provide supports for the needs for competence, relatedness, and autonomy." (S. 64)

Erst wenn dies erreicht wurde, kann das aktuelle Interesse in individuelles überführt werden (**Stufe 3**). Im Regelfall geschieht dies aber nur selten. "Wo

³In Mitchell (1993) wird ausschließlich vom situationalen Interesse gesprochen. Für diese Arbeit werden die Erkenntnisse auf das mit dem situationalen Interesse eng im Zusammenhang stehende aktuelle Interesse übertragen.

⁴So ist es plausibel, dass in den Unterricht integrierte Besuche in außerschulischen Lernorten als solche "Hold"-Komponenten dienen können. Die Ergebnispräsentation und -diskussion in Kapitel 8 wird sich mit diesem Sachverhalt intensiv auseinander setzen.

situationales [bzw. aktuelles, *Anm. d. Autors*] Interesse am Unterricht durch dahinterliegende allgemeine Interessen [individuelle Interessen, *Anm. d. Autors*] bedingt ist, werden die Gegenstandsauseinandersetzungen im Unterricht in der Regel zur Aufrechterhaltung der allgemeinen Interessen beitragen.” (Eder, 1992, S. 171)

Tritt eine Person während mehrmals aufeinander bezogenen Interessenthandlungen in den Kontakt mit einem neuen Themenbereich (siehe Schulunterricht oder beispielsweise mehrmalige Besuche in einem Schülerlabor), so wird das Wissen über jene Inhaltsbereiche vergrößert und etwaige Fähigkeiten verbessert. Krapp (1998): ”Aus Interesse zu handeln bedeutet somit, sich einen Gegenstand zu erschließen. Über seine Interessen erarbeitet sich der Mensch Sach- und Sinnzusammenhänge.” Eder (1992) bemerkt dazu:

”Entstehung, Aufrechterhaltung oder Zuwachs an Interesse wird begünstigt durch eine allgemeine Passung zwischen den bisherigen Interessen der Person und den Tätigkeiten, für die Interesse entwickelt und aufrechterhalten werden soll. Eine Steigerung von Interesse ist leichter in Bereichen möglich, für die schon Interesse vorhanden ist.” (S. 168)

”Veränderungen der Persönlichkeitsorientierungen [...] entstehen am ehesten dann, wenn der gelegentliche oder auch erzwungene Kontakt mit bisher [...] gemiedenen Aktivitäten zu der Erfahrung führt, dass sie zur eigenen Person ’passen’ ”. (S. 169)

Diese Anmerkungen geben Grund zur Hoffnung, dass es über mehrfache Besuche in außerschulischen Lernorten gelingen kann, eine solche Entwicklung bei den Schülern zu induzieren. Die Untersuchung eines solchen Vorganges ist Bestandteil der Kapitel 7 bis 9.

3.7 Interessenabfall in den Naturwissenschaften

Spätestens die IPN-Interessenstudie (Hoffmann und Lehrke, 1986, bzw. Hoffmann et al., 1997) hat gezeigt, dass das Interesse an Physik im Laufe der Sekundarstufe I kontinuierlich abnimmt. Zwar scheint es im Hinblick auf die Ausdifferenzierung der eigenen Interessen der Schüler ”normal” zu sein, dass das Interesse an einem Schulfach im Mittel abnimmt (siehe Abschnitt 3.5), jedoch verliert vor allem das Fach Physik im Vergleich zu den anderen Schulfächern stärker die Gunst der Schüler. Detaillierte Auswertungen der Längsschnittuntersuchung offenbarten eine Diskrepanz zwischen den Interessen der

Schüler und dem Schulunterricht. "Gerade die als besonders interessant eingestuften Gebiete, Kontexte und Tätigkeiten kommen durchschnittlich im Unterricht am seltensten vor, dagegen sind die uninteressantesten Aspekte überrepräsentiert" (Hoffmann und Lehrke, 1986). Im Besonderen werden scheinbar vor allem Tätigkeiten im Unterricht eine besondere Beachtung geschenkt, die sich auf formal abstraktem Wege mit der theoretisch-konstruktivistischen Charakteristik der Physik auseinandersetzen. Ein Modellprojekt versuchte, den Schulunterricht an den Interessen der Schüler anzupassen (Hoffmann et al., 1997). Dieser zeigte insofern Erfolg, als dass der Interessenverlust im Vergleich zu herkömmlichen Unterricht deutlich geringer war. Hier liegt auch das große Potential außerschulischer Lernorte. Sie sind keinen Rahmenplanzwängen ausgesetzt und können mit ihren Angeboten daher viel eher auf Bedürfnisse und Wünsche der Schüler eingehen.

Dabei stellen Physik und Naturwissenschaften im Allgemeinen gegenüber anderen Fächern ein großes Arsenal an motivationsfördernden Instrumenten zur Verfügung: über so genanntes forschendes Lehren (inquiry learning) könnten die Schüler selbständig Hypothesen aufstellen, Experimente planen und durchführen, sowie Ergebnisse interpretieren, diskutieren und präsentieren. Gerade in Bezug auf die drei Grundbedürfnisse Kompetenzerleben, Autonomieerleben und Wunsch nach sozialer Eingebundenheit bieten diese Maßnahmen großes Potential, Interesse zu fördern. Leider ist diese Art selbstbestimmten Lernens schon alleine aufgrund organisatorischer Probleme in seltensten Fällen im Unterricht anzutreffen. Außerschulische Lernorte bieten im Gegensatz zum Unterricht in der Schule viele Rahmenbedingungen, diese Herangehensweise unterstützend zu begleiten. Prenzel (1992), sowie Prenzel und Drechsel (1996) (zitiert nach Engeln, 2004) zeigen Merkmale auf, durch die Lernumgebungen besonders interessenfördernd wirken können:

- wahrgenommene inhaltliche Relevanz des Lernstoffes (Anwendungsbezüge, Realitätsnähe, Verknüpfung über Fächer, Lernsituationen, Lernorte)
- wahrgenommene Instruktionsqualität (gezieltes Situieren, Handlungsorientierung, abstrahierendes Vorgehen, klare Struktur, Verständlichkeit)
- wahrgenommenes inhaltliches Interesse beim Lehrenden (Ausdrücken von Empfinden, Engagement, Enthusiasmus)
- wahrgenommene Kompetenzunterstützung (Rückmeldung aus der Sache, informierendes Feedback, individuelle Bezugsnorm)

- wahrgenommene Autonomieunterstützung (Wahlmöglichkeiten, Spielräume, Unterstützung von selbständigen Erkunden, Planen, Handeln, Lernen)

Kapitel 6 beschreibt das für die Untersuchung zur Verfügung stehende Schülerlabor UniLab und geht näher auf die Maßnahmen des Schülerlabors ein, die Interessenentwicklung positiv zu unterstützen.

3.8 Interesse und Schülerlabor

Mittelpunkt dieser Arbeit ist der Zusammenhang zwischen der Entwicklung des Interesses und den Besuchen eines Schülerlabors. Es erscheint daher angebracht, die theoretischen Grundannahmen dieses Kapitels auf die weitere Auseinandersetzung mit den vorgestellten Forschungsergebnissen zu übertragen.

Wie in Kapitel 2 mehrfach angeklungen, fehlt es bei der Forschung an außerschulischen Lernorten an einem passenden Theorierahmen, der beschreibt, wie die Lernorte auf die Besucher wirken. Mit dem Aspekt des "Novelty Space" und dem "Contextual Model of Learning" stechen zwei Konzepte heraus, die sich vor allem aber mit kognitiven Gesichtspunkten beschäftigen. Es stellt sich daher die Frage, inwieweit es dem hier beschriebenen Interessenkonstrukt gelingt, auch Aussagen über die Entwicklung von affektiven Aspekten bei Besuchen in außerschulischen Lernorten zu treffen. Engeln (2004) und Brandt (2005) (näheres im Kapitel 2.3.2 auf Seite 31ff.) beschäftigten sich eingehend mit dem Einfluss von Besuchen in Schülerlaboren auf affektive Aspekte, die zum einen auf das Interesse abhoben (Engeln, 2004) und zum anderen das Konstrukt der Motivation berücksichtigte (Brandt, 2005).

Engeln (2004) versuchte bei der Untersuchung von mehreren Schülerlaboren neben der Erhebung der Persönlichkeitsvariablen wie aktuelles Interesse, Sachinteresse, Fachinteresse und Selbstkonzept der besuchenden Schüler auch die von ihnen erlebten Laborvariablen zu erheben. Sie stellt dabei fest, dass die drei Komponenten des aktuellen Interesses signifikant mit den Persönlichkeitsvariablen Sachinteresse, Fachinteresse und Selbstkonzept korrelieren. Als Prädiktorvariable für das aktuelle Interesse wird das Sachinteresse identifiziert, die 18% der Varianz der emotionalen, 32% der Varianz der wertbezogenen und 39% der Varianz der epistemischen Komponente aufwies. Laut Hoffmann et al. (1997) bzw. Hoffmann et al. (1998) ist das Sachinteresse mit dem individuellen Interesse zu identifizieren. Da das aktuelle Interesse auch einen aktualisierten dispositionalen Anteil (der mit dem individuellen Interesse direkt im Bezug steht) in sich trägt, unterstützt dies die Erwartungen der Interessentheorie.

Desweiteren zeigte sich, dass die Laborvariablen "Offenheit" und "Zusammenarbeit" nur geringen Einfluss auf das aktuelle Interesse hatten. Dass die Offenheit nicht bestimmend war ist insofern überraschend, da gerade diese Variable im direkten Zusammenhang mit einer selbstbestimmten Lernumgebung steht, die laut Theorie förderlich auf die Entwicklung des Interesses wirken sollte. Dagegen determinieren die Variablen "Authentizität" und "Herausforderung" alle drei Interessenkomponenten und zusätzlich die "Verständlichkeit" die emotionale und wertbezogene Komponente.

Brandt (2005) dagegen entschied sich explizit gegen die Verwendung eines Interessenkonstrukts. So führt er zwei Punkte an, die begründen, warum die Interessentheorie bei der Untersuchung von motivationalen Vorgängen durch Schülerlaborbesuche nicht zweckmäßig erscheint:

- Der Autor vertritt die Meinung, dass die Entwicklung einer stabilen Person-Gegenstands-Relation nur über längere Zeiträume möglich ist. Demzufolge ist ein einzelnes Ereignis, wie der Besuch eines Schülerlabors grundsätzlich nicht in der Lage, das dispositionale Interesse zu beeinflussen und dass deswegen auch keine Interessenentwicklung zu messen sein sollte.
- Der Autor argumentiert, dass die Interessentheorie vor allem dort angewendet werden kann, wo selbstbestimmtes Handeln nicht von außen eingengt wird. So ist die Interessentheorie nicht in der Lage, Vorgänge in der Schule und damit insbesondere auch der Besuch eines Schülerlabors im Klassenverband zu beschreiben, weil genau dort diese Einnengung stattfindet.

Diese Sichtweisen sind ihrerseits zu eingeschränkt. So hat der Autor damit Recht, dass sich das individuelle Interesse nur langfristig entwickeln kann. Dennoch darauf zu schließen, dass punktuelle Ereignisse wie Besuche in außerschulischen Lernorten keinen Einfluss auf die Entwicklung von Interesse im Allgemeinen haben kann, ist eine zu pessimistische Sichtweise. Wie die vorliegende Arbeit zeigen wird, ist es über die Verwendung eines weniger langfristig wirkenden Konstrukts wie dem aktuellen Interesse sehr wohl möglich, auch kurzfristige Erscheinungen zu beschreiben. Inwiefern diese inhärente Interessen der Schüler beeinflussen, ist eine andere Frage, der in der vorliegenden Arbeit auf den Grund gegangen wird. Gerade Gesichtspunkte, die die Genese von Interessen berühren, wie das Konzept der "Catch"- und "Hold"-Komponenten, lassen sich über die Betrachtung von Interessenentwicklungen durch Besuche in einem Schülerlabor sehr gut darstellen.

Der zweite Punkt hat eine gewisse Berechtigung. In der Tat laufen die Besuche im Allgemeinen nicht selbstbestimmt ab und werden zudem in den

Schulkontext mehr oder weniger eingebunden. Dennoch vertritt Krapp (1992a), wie auf Seite 49 zitiert, die Meinung, dass die ersten Kontakte auch durch fremdbestimmte Forderungen zustandekommen und somit auch von außen induzierte Handlungsanweisungen einer positiven Entwicklung des Interesses zuträglich sein können. Das situationale Interesse der Interessentheorie lässt es zu, losgelöst von inhärenten Merkmalen einer Person, ausschließlich die Interessantheit einer Lernumgebung in Betracht zu ziehen. Situationales Interesse kann bei entsprechenden Bedingungen dazu führen, dass sich feste Interessen ausbilden können, auch wenn vorher kein dispositionales Interesse vorhanden war. Entsprechendes gilt für das eng mit dem situationalen Interesse zusammenhängende aktuelle Interesse.

Kapitel 4

Das Optikcurriculum

In diesem Kapitel werden ausgewählte Teile des Optikcurriculums beschrieben, das in der vorliegenden Untersuchung verwendet wurde. Dabei wird insbesondere herausgearbeitet, welche inhaltlichen und methodischen Gesichtspunkte sich aus der phänomenologischen Betrachtung des Curriculums für die Konzepte der Unterrichtseinheiten des UniLabs ergeben. Kern des phänomenologischen Ansatzes ist die selbständige vorurteilsfreie Beobachtung am Phänomen und deren rationelle Beschreibung.

Im Gegensatz zur "klassischen" Strahlenoptik des regulären Optikunterrichts wird darauf verzichtet, hypothetische bzw. prinzipiell unbeobachtbare Größen zur Begründung optischer Sachverhalte heranzuziehen. Das heißt andersherum nicht, dass auf abstrakte und formale Beschreibungsweisen (Fermatprinzip, Zeigeroptik) verzichtet wird. Es wird Wert darauf gelegt, die Schüler über ihre sinnliche Wahrnehmung und durch einen systematisch-explorativen Experimentierstil direkt in den Erkenntnisprozess miteinzubeziehen.

Das Optikcurriculum wurde im Laufe der achtziger und neunziger Jahre an der Gesamthochschule Kassel und an der Humboldt-Universität zu Berlin unter Berücksichtigung der Arbeiten von Maier und Mackensen (Maier, 1986, 2004; Mackensen, 1992; Mackensen und Ohlendorf, 1998) entwickelt (siehe u. a. Schön, 1993; Erb, 1994; Erb und Schön, 1996; Werner, 2000; Weber, 2003). Es ist ein dreiteiliges Unterrichtskonzept, welches die gesamte Optik in der Schule vom Anfangsunterricht über die Mittelstufe bis hin zur Oberstufe abdeckt. Dabei ist das Curriculum kumulativ aufgebaut (Weber, 2003), d. h. es erschließt und erweitert Konzepte, die im Laufe des Unterrichts aufeinander aufbauen. Grundlegender Bestandteil des Curriuculums ist das *Lichtwegkonzept*.

Nach Erb (1994) lassen sich drei Leitziele formulieren, die für den Aufbau des Curriculums bestimmend sind:

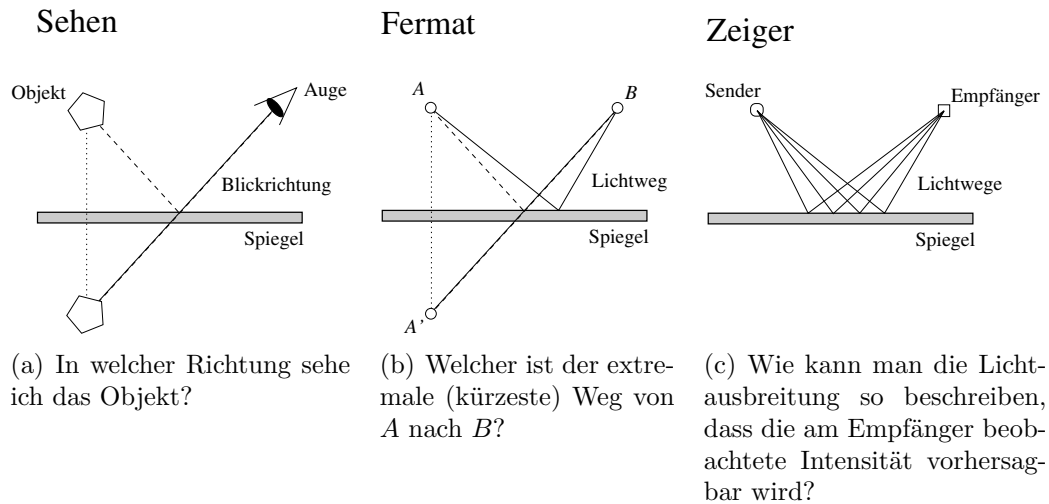


Abbildung 4.1: Aufbau des Curriculums an dem Beispiel der Reflexion (nach: Schön et al., 2000).

Leitziel Verstehen: "Dem Verstehen physikalischer Zusammenhänge soll ein höherer Stellenwert als dem Wissen von Fakten eingeräumt werden. Dies wird erreicht durch Erarbeiten von Beschreibungen auf einer übergeordneten Ebene" (Erb, 1994, S. 14).

Leitziel Beobachtung: "Die Beobachtung stellt die Brücke zwischen der möglichst unvoreingenommenen Wahrnehmung und der physikalischen Beschreibung dar. Ihr kommt deshalb besondere Bedeutung für die physikalische Erkenntnisbildung zu" (Erb, 1994, S. 15).

Leitziel Tragfähigkeit: "Die wesentlichen Unterrichtsinhalte müssen über einen weiten Bereich tragfähig sein. Die Verbindungen zu anderen Unterrichtsinhalten müssen deutlich werden" (Erb, 1994, S. 16).

Der kumulative Charakter wird in Abbildung 4.1 am Beispiel der Reflexion am Spiegel deutlich. Während in der Anfangsoptik das Phänomen im Vordergrund steht und die physikalischen Begriffe aus dem Beobachten heraus erarbeitet werden (a), wird in der Mittelstufe mit dem Fermatprinzip ein übergeordnetes Prinzip entdeckt, mit dem die Beobachtungen der Anfangsoptik geometrisch zusammengefasst werden können (b). Der Lichtweg wird eingeführt und mit der Blickrichtung in der Anfangsoptik in Verbindung gebracht. Diese formalere Beschreibungsweise erlaubt es, Phänomene der Lichtausbreitung auf ein einheitliches Fundament zu stellen. Der Oberstufenteil erweitert das Lichtwegkonzept und nutzt den Zeigerformalismus nach einer

Idee Richard Feynmans (Feynman, 2005) zur Beschreibung von Beugungs- und Interferenzerscheinungen (c). Es werden mögliche Lichtwege zwischen der Lichtquelle und einem Beobachtungspunkt durch rotierende Zeiger vermessen, um Lichtintensitäten bzw. Wahrscheinlichkeiten für das Antreffen von Photonen bestimmen zu können. Die folgenden Abschnitte sollen ein detaillierteres Bild des Curriculums vermitteln.

4.1 Vom Sehen zur Optik – Anfangsunterricht

Wie oben erwähnt wird der Wahrnehmung der Phänomene im ersten Teil des Unterrichtskonzepts eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Die starke vertikale Vernetzung der Inhalte durch wiederholtes Aufgreifen und Erweitern bereits eingeführter Begriffe und Konzepte ist schon im Verlauf bzw. Aufbau des Anfangsunterrichts zu erkennen. Das Design der in dieser Arbeit vorgestellten Untersuchung macht eine ausführliche Auseinandersetzung mit dem Curriculum zur Anfangsoptik notwendig, daher soll eingehender auf diesen Unterrichtsvorschlag eingegangen werden. Für die Fermatoptik und die Zeigeroptik werden dagegen nur kurze Abrisse dargestellt.

4.1.1 Licht und Schatten

Dunkelheit

Der Unterricht beginnt entgegen der Erwartung, dass Optik etwas mit Licht zu tun hat, mit absoluter Dunkelheit. Bereits in dieser frühen Phase werden die Schüler angehalten, ihre Sinne zu benutzen. Über das "Ausschalten" des Sehsinnes wird seine besondere Wichtigkeit thematisiert. Dass der Mensch als "Sehtier" die größte Zahl der Informationen über das Auge aufnimmt, wird den Schülern über ihre eigene Orientierungslosigkeit und Unsicherheit vermittelt, die in absoluter Dunkelheit auftritt. Die Erwartung, dass sich "die Augen an die Dunkelheit gewöhnen", wird dadurch enttäuscht, dass der Klassenraum mit großer Sorgfalt gegenüber einfallender Helligkeit abgedichtet wurde. Auch dies ist eine Erfahrung, die den Schülern im Allgemeinen fremd ist. Das Gefühl des Verlustes der räumlichen Orientierung wird dadurch noch verstärkt, dass auf absolute Ruhe bestanden wird.

Während der Dunkelheit wird die Helligkeit einer Lampe, die eine vorbereitete und aus zwei- und dreidimensionalen geometrischen Objekten bestehende Szenerie beleuchtet, langsam erhöht. Die Schüler versuchen, die Objekte zu erkennen und zu beschreiben. Bei geringen Intensitäten reicht die

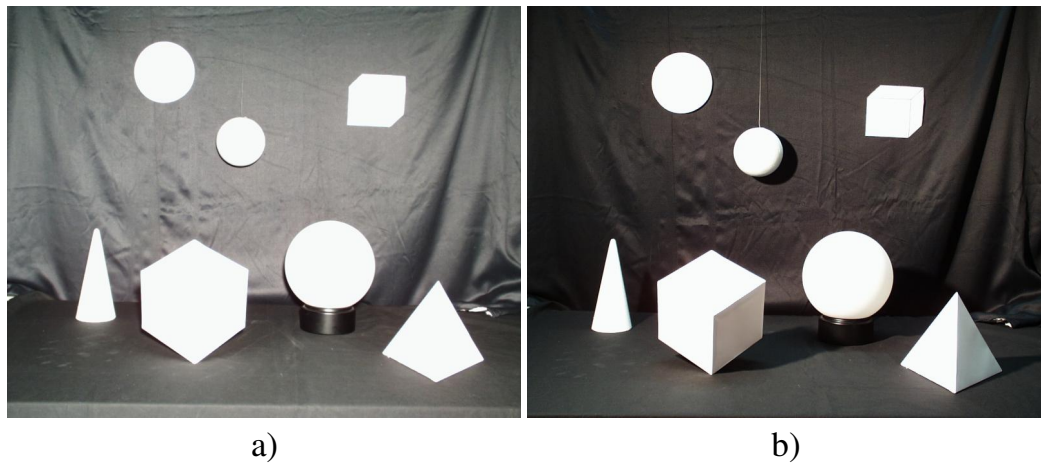


Abbildung 4.2: Beleuchtete Szenerie. Alternativ wurde die Szenerie für dieses Foto mit einer sehr hellen Lampe frontal ausgeleuchtet, so dass der Einfluss des Schattens auch an dieser Stelle deutlich wird: a) frontal beleuchtet, b) seitlich beleuchtet.

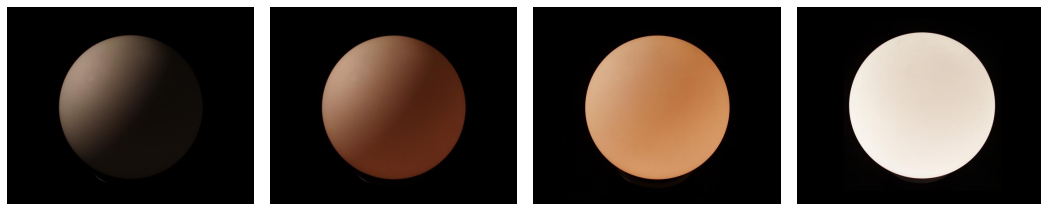


Abbildung 4.3: Seitlich beleuchtete Kugellampe, deren Helligkeit langsam erhöht wird. Der Körperschatten verschwindet, die Kugel erscheint flächig.

Kontrastierungsfähigkeit des Auges nicht aus, die Körperschatten der dreidimensionalen Körper aufzulösen. Alle Objekte erscheinen flächig und konturlos. Nur bei höheren Helligkeiten können Formen erkannt werden, Schatten tauchen auf (in Abbildung 4.2 ist eine ähnliche Situation dargestellt). Erst dann ist es möglich, dreidimensionale Körper von zweidimensionalen zu unterscheiden. Die Kugel auf halbrechter Position in Abbildung 4.2 gibt Anlass, darüber intensiver zu diskutieren: es handelt sich hierbei um eine Kugellampe, deren Helligkeit regelbar ist. In Abbildung 4.3 ist der Übergang von der beleuchteten zur vollständig selbstleuchtenden Kugel zu beobachten. Der Schatten verschwindet, die Kugel erscheint zunehmend flächig. Die Schüler erkennen: Helligkeit alleine reicht noch nicht aus, um die Welt dreidimensional zu erkennen. Erst Kontraste, wie sie Schatten liefern, sorgen dafür, dass wir eine räumliche Welt sehen können. Der Schatten wird entdeckt und in seiner Wichtigkeit erkannt. Ein erster kumulativer Anker für zukünftige

Stunden wurde gelegt.

Im weiteren Curriculumverlauf lassen sich nun Schatten in der alltäglichen Umgebung der Schüler finden. Der Mond und seine scheinbare Form am Nacht- und Tageshimmel geben Anlass zur näheren Betrachtung. Insbesondere die Gesetzmäßigkeiten der Mondphasen werden ausführlicher Bestandteil des Unterrichts.

Das "Prinzip Ameise"

Eine Ausdifferenzierung von Schattenformen motiviert ein systematischeres Vorgehen, welches Schüler dazu veranlassen soll, sich aktiv in den Erkenntnisprozess einzubinden. So ist die Behandlung des "weißen Schattens" bzw. des "hellen Schattens" (Maier, 1986) eine Möglichkeit, das "Prinzip Ameise" einzuführen. Das "Prinzip Ameise" regt die Schüler dazu an, sich an den Ort der Bildentstehung zu begeben. Von dort aus versuchen sie dann, die Erscheinung aus der eingebundenen (d.h. der subjektiven) Perspektive zu beschreiben. Das Prinzip Ameise steht in dem Unterrichtskonzept für

- subjektive Experimente,
- ein in der Unterrichtsreihe immer wiederkehrendes Handlungsschema, nach dem Motto: "Hell ist es, von wo aus ich Helles sehen kann"¹
- das Gefühl, ein Vorgehen zu beherrschen, mit dem sich neue Phänomene erschließen lassen (Erleben von Kompetenzzuwachs),
- Erkenntnisgewinn aus eigenem Beobachten,
- unmittelbares Erleben von Phänomenen,
- den Abbau von Barrieren zwischen Schüler und Experiment durch das Üben des Wechsels zwischen eingebundener und abgelöster (objektiver) Perspektive,
- einem Organisator, der den Wissenserwerb und die Einordnung neuer Lerninhalte erleichtert.

¹Die daraus abgeleitete Handlungs- bzw. Beobachtungsforderung lautet: Begib dich an den Ort des Schattenbildes und beschreibe die Bedingungen seiner Entstehung durch die Bedingungen deiner Beobachtung (Mackensen, 1992).

Der "weiße Schatten"

Der "weiße Schatten" ist ein Phänomen, welches bei in einer Dimension besonders ausgedehnten Lichtquellen, wie z. B. Stablampen oder Leuchtstoffröhren, auftreten kann, wenn die erforderlichen Bedingungen erfüllt sind. Diese bestehen im Kern in dem auf die Lampe bezogenen parallaxtischen Eigenschaften zweier geeigneter Objekte (Schattengeber), die unterschiedlich weit von der Lampe bzw. vom beleuchteten Schirm entfernt sind (Maier, 1986) (siehe Abbildung 4.4). Aus der eingebundenen Perspektive wird deutlich, dass sich der helle Bereich des Schattens dadurch ergibt, dass vom Punkt b) aus gesehen der Schattengeber 1 vom Schattengeber 2 verdeckt wird und daher mehr von der Lampe zu sehen ist als von den Punkten a) und c). Von diesen beiden Punkten aus gesehen verdecken beide Schattengeber die Lampe. In der Summe ist folglich weniger von der Lampe zu erkennen und der Schatten wird insgesamt entsprechend dunkler.

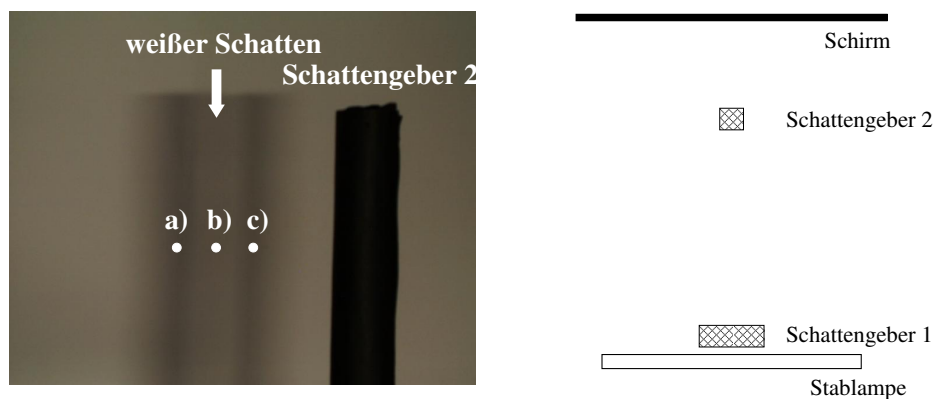


Abbildung 4.4: Der weiße Schatten eines stabförmigen Schattengebers aus der abgelösten Perspektive und aus einer Draufsicht. Die eingebundene Perspektive mit dem Auge auf den Positionen a), b) und c) ist in Abbildung 4.5 zu erkennen. Zu Beachten ist, dass der Schattengeber 1 der Draufsicht auf dem Foto der abgelösten Perspektive nicht enthalten ist.

Schattenformen und Lochkamera

Das neu erlernte "Prinzip Ameise" wird genutzt, um weitere Schattenerscheinungen zu beschreiben. Dazu gehören Schatten verschiedener Lichtquellen und Schattengeber, die mitunter überraschende Formen zeigen. So erscheint bei passendem Abstand einer Ringlampe und eines ringförmigen Schattengebers ein punktförmiger schwarzer Schatten. Rice und Feher (1987) und Feher und Rice (1988) zeigen bei ähnlichen Versuchen die Bandbreite an Schülerer-

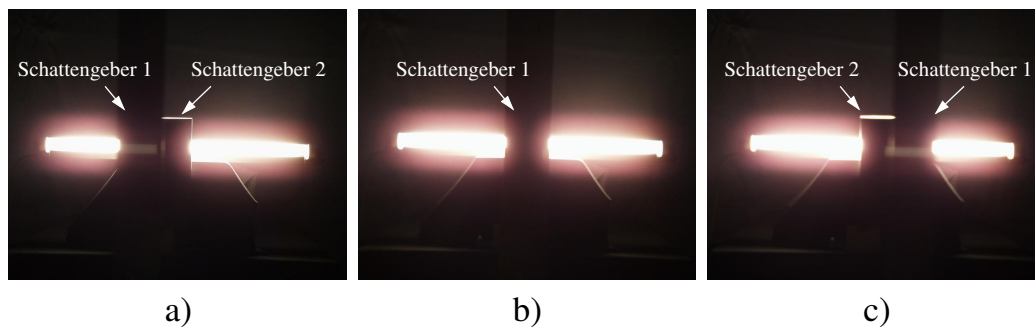


Abbildung 4.5: Der weiße Schatten aus der eingebundenen Perspektive aus den Positionen a), b) und c) in Abbildung 4.4. Der scheinbar hellere Bereich des Schattens ergibt sich über die Überdeckung der beiden Schattengeber. Von dieser Position b) ist mehr von der Lampe zu erkennen, als von den Positionen a) und c).

klärungen, die durch die Verwendung des "Prinzip Ameise" hinfällig werden. Es genügt, die Situation aus der eingebundenen Perspektive zu beobachten, um feststellen zu können, dass der ringförmige Schattengeber den leuchtenden Ring der Lampe verdeckt.

Über die phänomenologische Beschäftigung mit den Schattenformen und der eingehenden Beschreibung dieser Phänomene wird deutlich, dass (ab bestimmter Größe) nicht der Schattengeber für die Schattenform verantwortlich ist, sondern die Form der Lampe. Über die Betrachtung von komplementären Formen der Schattengeber (z. B. kreisförmiges Loch \leftrightarrow kreisförmige Scheibe) ergibt sich eine Art Babinetsches Prinzip der Bildentstehung, in dem Sinne, dass nun nicht mehr der Schatten, sondern die Helligkeit auf dem Schirm die Form der Lampe wiedergibt.

Der Schritt zur Lochkamera ist klein: Jedes Objekt kann als Lampe bestimmter Form und Farbe betrachtet werden. Diese Lampen bildet die Lochkamera als Schattenbild ab. Die geometrische Umkehrung der Schattenbilder in der Lochkamera lassen sich leicht über das "Prinzip Ameise" begründen.

4.1.2 Spiegelwelt

Das Doppelschattenexperiment

Zu Beginn eines neuen Unterrichtsabschnitts werden die Schüler ein weiteres Mal überrascht (Abbildung 4.6). Eine Lampe beleuchtet einen Tisch, der von einem schwarzen Tuch bedeckt ist (1). Auf dem Tuch liegt ein großer Spiegel unter einer weißen Pappe (2), die eine kreisförmige Aussparung besitzt. Das Loch wird von einer etwas größeren weißen Kreisscheibe (3) verdeckt, deren

Rand von unten geschwärzt ist. Wird die Kreisscheibe ein wenig von der Öffnung weggezogen, so kommt ein sichelförmiges Loch zum Vorschein, welches dunkler als das umgebende Tuch zu sein scheint. Bis die Schüler die helle Sichel an der Decke entdecken, werden unterschiedliche Meinungen über die genaue Natur des dunklen "Lochs" vertreten. Diese reichen von einem wirklichen Loch im Tisch bis hin zu dunklen Materialien, die unter der Pappe vermutet werden. Erst dann wird die Form der von der Scheibe freigegebenen Sichel mit der hellen Sichel an der Decke und somit der Spiegel als solcher identifiziert.

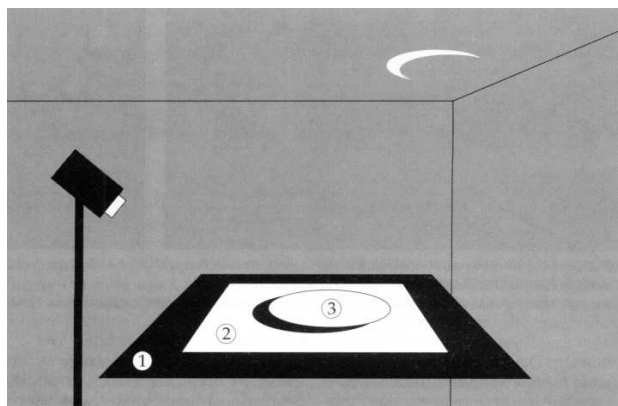


Abbildung 4.6: Aufbau des Doppelschattenexperiments (aus: Weber und Schön, 2000).

Die Verwirrung, ausgelöst durch die ungewohnt dunkle Gestalt des Spiegels, wird noch gesteigert, indem die Lehrkraft eine Hand über den Spiegel hält und zwei Schatten derselben an der Decke zu erkennen sind. Die Überraschung erfährt ihren Höhepunkt, wenn die Lehrkraft beide Hände über den Spiegel hält und vier Schattenbilder entstehen. Auch hier trägt das "Prinzip Ameise" und die eingebundene Perspektive, mit der dieses Phänomen besonders einleuchtend begründet werden kann (Abbildung 4.7). Sowohl die Hand über dem Spiegel als auch die Hand "im Spiegel" verdecken eine Lampe, die sich scheinbar ebenfalls im Spiegel befindet. Beide Hände haben einen Schatten, woraus sich die Verdoppelung der Schatten an der Decke ergibt.

Es wird die *Spiegelwelt* eingeführt, ein Konstrukt, mit der viele Erscheinungen des Spiegels einfach zu beschreiben sind. Der Spiegel ist bei dieser Sichtweise ein "Fenster" in die Spiegelwelt, die sich dadurch auszeichnet, dass sie mit der realen Welt (fast) identisch ist. In der Welt außerhalb des Spiegels fallen "Tastraum" und "Sehraum" zusammen, d. h. man kann gesehene Objekte auch ertasten. Im Spiegel hingegen fallen beide Räume auseinander, die Spiegelwelt ist ein reiner "Sehraum": Die Objekte lassen sich nicht ertasten,

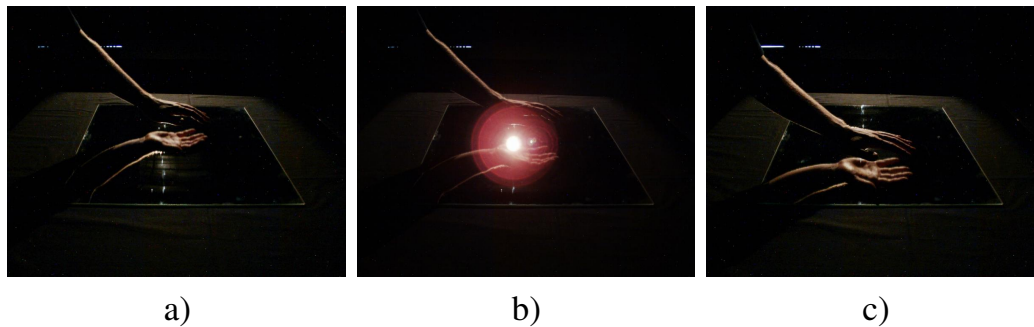


Abbildung 4.7: Das Doppelschattenexperiment aus der eingebundenen Perspektive. Bei a) verdeckt die "Spiegelhand" die "Spiegellampe", bei c) verdeckt die reale Hand die Spiegellampe.

sondern sind nur zu sehen. Diese Scheinwelt trägt dazu bei, dass die Schüler weiterhin ihren Augen trauen dürfen. Sie werden nicht dazu gezwungen, die augenscheinliche Tatsache einer Welt "im Spiegel" gegen das bloße Reflexionsgesetz einzutauschen, das besagt, dass Lichtstrahlen im gleichen Winkel reflektiert werden, wie sie "einfallen". Es genügt lediglich die Feststellung, dass Objekte in der Spiegelwelt genauso weit vom Spiegel entfernt sind, wie die realen davor. Diese Distanzen lassen sich sogar ausmessen, wie Abbildung 4.8 beweist. Eine alternative Beschreibung des klassischen Reflexionsgesetzes ist damit naheliegend (Abbildung 4.9). Diese Erkenntnis kommt in dem ersten Spiegelgesetz zum Ausdruck:

1. **Spiegelgesetz:** Dinge in der Spiegelwelt befinden sich soweit hinter dem Spiegel, wie die wirklichen Dinge vor dem Spiegel sind.

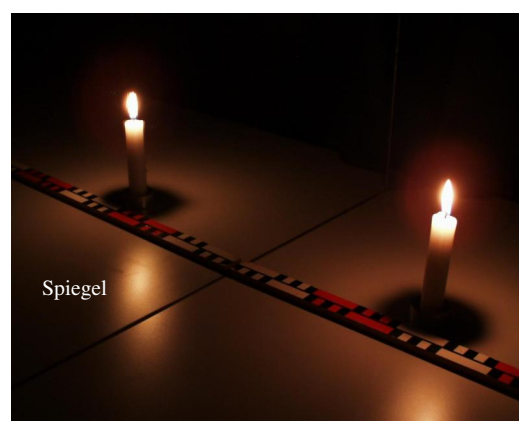


Abbildung 4.8: Objekte in der Spiegelwelt haben die gleiche optische Distanz vom Spiegel, wie die Dinge davor.

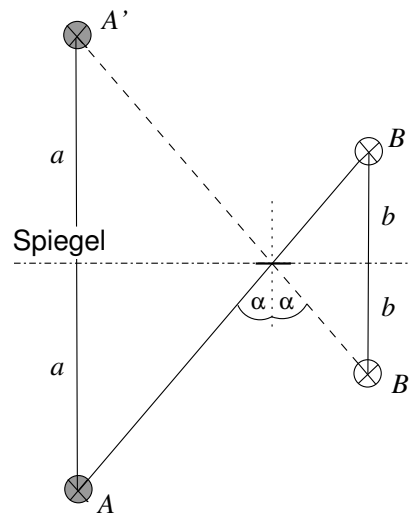


Abbildung 4.9: Das klassische Reflexionsgesetz über die alternative Herangehensweise der Spiegelwelt. Beobachter A sieht Beobachter B' , wie A' B sieht. Über die Blickrichtungen ergibt sich das bekannte Reflexionsgesetz "Einfallswinkel = Ausfallswinkel".

Schattensammeln

Das Experiment "Schattensammeln" (Abbildung 4.10) zeigt, dass diese Sichtweise gegenüber der klassischen einige Vorteile aufweist. Versucht man beispielsweise, die verschiedenen Schattenerscheinungen bei einem derart einfachen Experiment mit Hilfe der Strahlenoptik zu erklären, wird man erkennen, dass eine Begründung auf Basis jener Herangehensweise kompliziert ist und beispielsweise nicht direkt die Frage beantwortet, warum es den rautenförmigen dunkleren Schatten in Verlängerung der Schatten 1 und 5 gibt. Mit Hilfe des "Prinzips Ameise" ist es dagegen simpel: Von dieser Stelle aus ist weder die echte, noch die Spiegelwelt-Kerze zu sehen. Sicherlich ist es auch auf klassischem Wege möglich, sich über die Konstruktion einer virtuellen Lichtquelle, die genau die Eigenschaft der Spiegelweltlampe hat, einer Erklärung zu nähern, die mit der hier vorgestellten erreichbar ist. Es ist jedoch fraglich, ob dem Schüler ein doppelter Konzeptwechsel (vom Reflexionsgesetz zur virtuellen Lichtquelle und zurück) wirklich zu Gute kommt und ob nicht eher Schwierigkeiten ausgelöst werden.

Mit dem "Prinzip Ameise" als Rüstzeug ist es nur noch ein kleiner Schritt, das Doppelschattenexperiment in seiner Gänze zu verstehen (Abbildung 4.11).

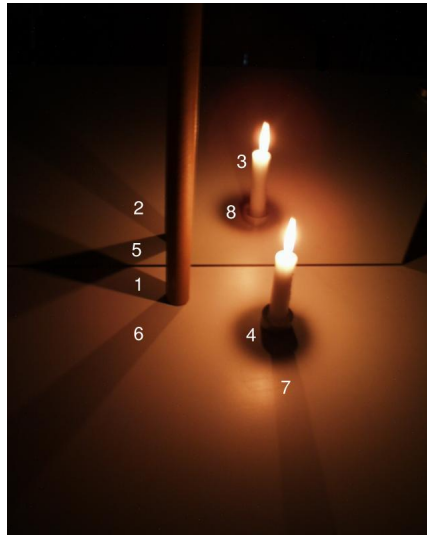


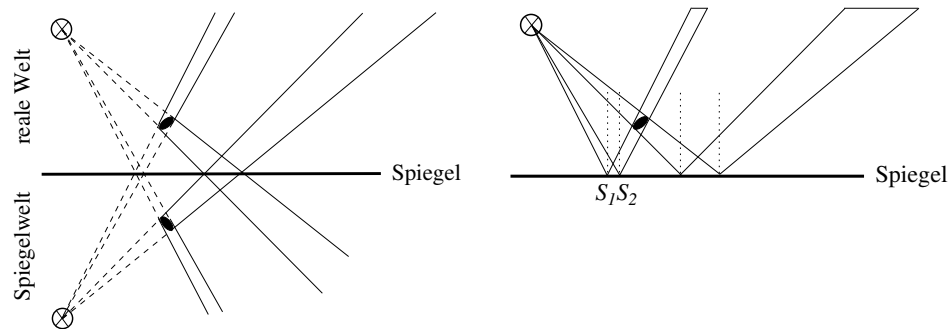
Abbildung 4.10: Schattensammeln. Vor einem Spiegel stehen eine Kerze und eine Pappröhre. Beide haben Pendants in der Spiegelwelt (der Spiegelweltschattengeber ist vom realen verdeckt). Die auftretenden Schatten sind durchnummeriert. Die Schatten 1-4 werden von der wirklichen Kerze verursacht, Schatten 5-8 von der Spiegelkerze. Es ist zu beachten, dass selbst der Spiegelschattengeber einen Schatten in die reale Welt werfen kann (Schatten 5).

Vertauschung des Spiegelbilds

Es gibt aber dennoch einen Unterschied zwischen der Spiegelwelt und der wirklichen Welt. Zwar bleiben die Abstände erhalten, doch scheinen die Richtungen verkehrt. Der Volksmund spricht von: "Der Spiegel vertauscht links und rechts". Dennoch ergibt sich diese Erkenntnis nur aus der Tatsache, dass man sich als vor dem Spiegel Stehender und nach rechts Zeigender in die Position des in der Spiegelwelt Stehenden hineinversetzt, um dann festzustellen, dass man nun (von jener Perspektive aus betrachtet) nach links zeigt. Es ist jedoch – wie mehrfach erwähnt – ein besonderes Anliegen dieses Curriculums, dass sie den Beobachter in den Mittelpunkt stellt. Stattdessen wird postuliert:

2. Spiegelgesetz: Der Spiegel vertauscht vorne und hinten.

Eine Tür, die sich rechts vom Spiegel befindet, ist auch in der Spiegelwelt rechts zu finden. Zeigt ein Pfeil dagegen in die Spiegelwelt hinein, so zeigt der Spiegelweltpfeil aus der Spiegelwelt heraus. Die Umkehrung des Drehsinnes in der Spiegelwelt ist damit evident.



(a) Ausgehend von den Betrachtungen nach dem "Prinzip Ameise" und mit Hilfe der eingezeichneten Spiegelwelt erhält man eine Konstruktion aus geraden Verbindungslinien (Schattengrenzen).

(b) Bei der sonst üblichen Konstruktion kommt man ohne die Spiegelwelt aus, aber es müssen Hilfslinien (Lote) eingezeichnet und Winkel gemessen werden. Die Punkte S_1 und S_2 können auf dem Niveau des Anfangsunterrichts nur durch Probieren gefunden werden.

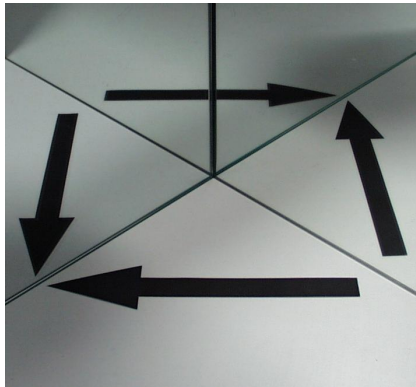
Abbildung 4.11: Konstruktion der Doppelschatten (aus: Weber und Schön, 2000).

Der Winkelspiegel

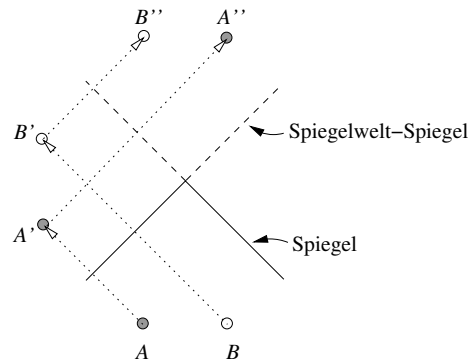
Ein weiteres Experiment löst dabei einen gewollten kognitiven Konflikt aus: der 90°-Winkelspiegel, der im Gegensatz zum ebenen Spiegel sehr wohl die Richtungen vertauscht (Abbildung 4.12). Bei der Spiegelweltbetrachtung des Sachverhalts wird deutlich, dass die Vertauschung der Richtungen hier in der Tatsache liegt, dass sich in der Spiegelwelt ein weiterer Spiegel befindet. Punkt A wird nach dem ersten Spiegelgesetz zu A' und eine wiederholte Anwendung an dem Spiegelwelt-Spiegel führt von A' zu A'' , analog für B . Vergleicht man nun die Positionen der beiden Punkte zueinander, so fällt auf, dass die Spiegelweltpunkte im Winkelspiegel nun ihre Positionen getauscht haben. Eine Erklärungsversuch mit Hilfe der Strahlenoptik würde große Schwierigkeiten bei Schülern des Anfangsunterrichts verursachen.

Dies lässt sich aufgreifen und fortführen, um Winkelspiegel zu konstruieren, die symmetrische geometrische Figuren erzeugen (Abbildung 4.13). Neben einer vertikalen Vernetzung sorgt das Curriculum hier beispielsweise für eine Verbindung zum Mathematikunterricht, der sich bereits früh mit Symmetriebetrachtungen an einfachen geometrischen Objekten beschäftigt.

Neben der Behandlung von ebenen Spiegeln ist auch die Auseinandersetzung mit gebogenen Spiegeln möglich. Die Spiegelwelt lässt sich auch auf jene Spiegel übertragen (Maier, 1975; Erb, 1995b; Erb und Schön, 1996), an dieser Stelle soll darauf aber nicht mehr eingegangen werden.



(a) Im Gegensatz zum ebenen Spiegel vertauscht der 90° -Winkelspiegel bei Betrachtung des gegenüberliegenden Spiegelbildes rechts und links.



(b) Begründung des Phänomens über die Spiegelweltbetrachtung: In der Spiegelwelt befindet sich ein Spiegelweltspiegel der wiederum den Spiegelweltpunkt A' in den Punkt A'' überführt (analog für die anderen Punkte).

Abbildung 4.12: Der 90° -Winkelspiegel. Die Vertauschung der Richtungen wird über die Spiegelweltbetrachtung offensichtlich, in der zweimal das erste Spiegelgesetz angewendet werden muss.

4.1.3 Optische Hebung

Zum Abschluss des Optik-Anfangsunterrichts wird ein weiteres, ebenfalls in der Alltagswelt auffindbares Phänomen erarbeitet: Die im allgemeinen Sprachgebrauch genannte "optische Brechung". Der Begriff "Brechung" wird in diesem Abschnitt des Curriculums jedoch vermieden, weil es mit dem Lichtstrahlkonzept verknüpft ist und im Zusammenhang der phänomenologischen Herangehensweise von diesem Konzept kein Gebrauch gemacht wird. Das Wort "Brechung" deutet auf einen Vorgang hin, der dafür sorgt, dass "Lichtstrahlen" an der Grenzfläche zweier unterschiedlicher Medien abgelenkt werden. Auf der Ebene der phänomenologischen Herangehensweise wird der eingebundenen Perspektive jedoch eine besondere Bedeutung beigemessen. Aus dieser Perspektive erscheinen Objekte im Wasser von der Luft aus gesehen "angehoben". Im Folgenden soll deshalb von der "optischen Hebung" die Rede sein. Die anschließenden Abschnitte beschäftigen sich mit der phänomenologischen Theorie der optischen Hebung, die an dieser Stelle etwas ausführlicher dargestellt werden soll. Anschließend werden die Eckpunkte des Curriculums angeführt.

Die optische Hebung ist ein bei allen optisch klaren Stoffen auftretendes Phänomen. So erscheint ein Objekt in Durchsicht einer Flüssigkeit oder ei-

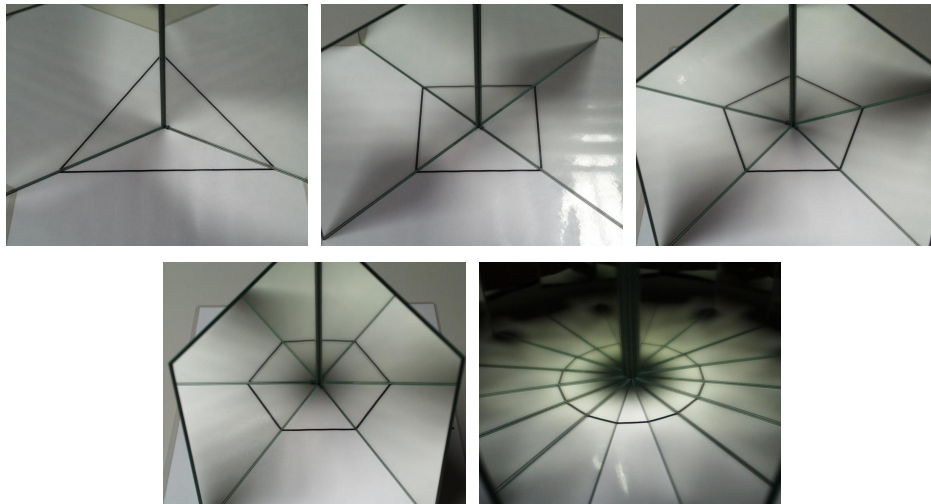


Abbildung 4.13: Eine gerade Linie wird durch verschieden geöffnete Winkelspiegel bei bestimmten Winkeln zu symmetrischen geometrischen Objekten. Öffnungswinkel von links oben nach rechts unten: 120° , 90° , 72° , 60° und 24° .

nes durchsichtigen Materials bei senkrechtem Einblick angehoben. Je nach Stoff ist das Maß der optischen Hebung unterschiedlich groß. Wie bei der Spiegelwelt wird auch hier zwischen einem Tast- und einem Sehraum unterschieden. Bezeichnet man den geometrischen Weg von der Grenzfläche zum beobachteten Gegenstand als Tastweg und den wahrgenommenen als Sehweg, so lässt sich feststellen, dass beide Wege proportional zueinander sind. Der Sehweg weist um einen konstanten charakteristischen Faktor verkürzte Länge bezogen auf den Tastweg auf.

Beim schrägen einäugigen Blick in ein mit Wasser gefülltes Aquarium stellt man ebenfalls fest, dass anvisierte Gegenstände im Wasserbad je nach Blickwinkel eine mehr oder weniger große Hebung aufweisen. Mit einem einfachen Experiment kann gezeigt werden, dass die Hebung auch beim schrägen Aufblick auf die Wasseroberfläche senkrecht geschieht. Befestigt man einen Maßstab (Maßstab 1, in Abbildung 4.14) oberhalb einer Wasseroberfläche und einen unterhalb (Maßstab 2), so kann man über die auftretende Stauung des Maßstabs 2 durch die Hebung und dem Vergleich des Spiegelbilds des Maßstabs 1 folgern, dass die Hebung senkrecht zur durchblickten Grenzfläche geschieht. Außerdem lassen sich in diesem Versuch Tastweg t (gespiegelter Maßstab 1) und Sehweg s (gestauchter Maßstab 2) miteinander in Beziehung setzen und man erhält dadurch die Gesetzmäßigkeit $t/s \approx 1,33$.

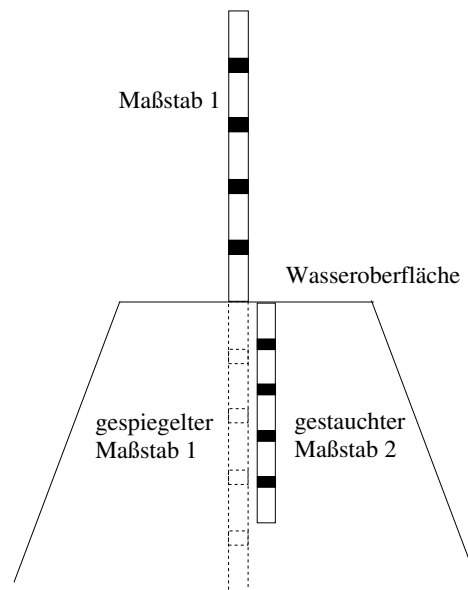


Abbildung 4.14: Die optische Hebung aus der eingebundenen Perspektive (nach einer Idee von Günter Altehage, entnommen aus: Sommer, 2005).

Zusammenhang zwischen der Hebung und dem Descartschen Brechungsgesetz

Bei schrägem Einblick (Abbildung 4.15) fällt es leicht, den Zusammenhang zwischen dem Snelliusschen Brechungsgesetz herzustellen. Mit

$$\frac{x_E}{s} = \sin \alpha$$

und

$$\frac{x_E}{t} = \sin \beta$$

ergibt sich:

$$\frac{t}{s} = \frac{x_E/s}{x_E/t} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

Experimentell wird man feststellen (wie oben gezeigt), dass bei unterschiedlichen Einblickswinkeln das Verhältnis zwischen Tastweg und Sehweg konstant bleibt und bei Wasser einem Wert von $n \approx 1,33$ entspricht. Also:

$$\frac{t}{s} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n = \frac{4}{3}, \quad (4.1)$$

womit der Bezug zum Snelliusschen Brechungsgesetz hergestellt ist und die Proportionalitätskonstante zwischen dem Tast- und dem Sehweg mit der klassischen Brechzahl (oder auch Hebungszahl) n identifiziert wird.

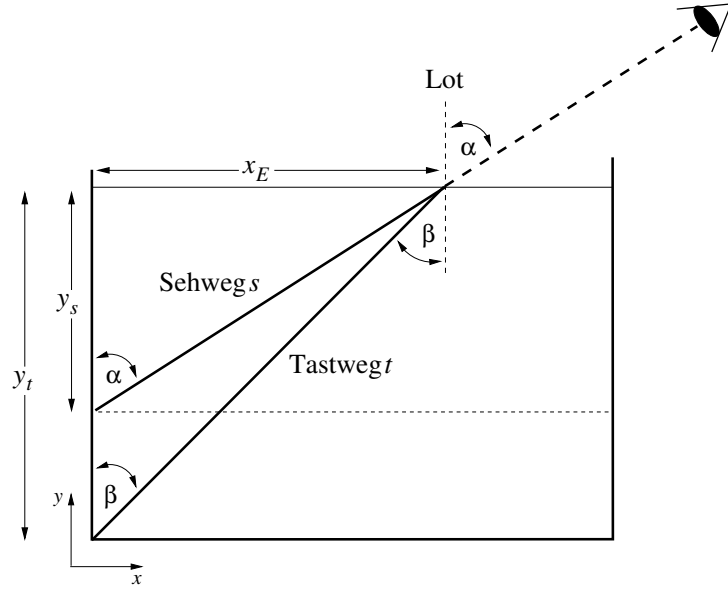


Abbildung 4.15: Die optische Hebung aus der abgelösten Perspektive.

Totalreflexion

Betrachtet man ein leeres Aquarium und fixiert seine untere Kante, so fallen Tast- und Schweg zusammen. Diese "Entartung" wird aufgehoben, wenn Wasser in das Aquarium gefüllt wird. An dieser Stelle soll ein analytischer Zusammenhang hergestellt werden, der das Auftreten der Totalreflexion erklären kann.

Dazu wird der Ursprung des Koordinatensystems auf das Blickziel gelegt (Abbildung 4.16). Zuerst sollen die Koordinaten des gehobenen Bildes von $(0;0)$ berechnet werden. Die Einblickorte, mit denen verschiedene Einblickswinkel vorgegeben werden, liegen auf der Linie E . Die Koordinate für jeden Einblickort E_i erhält man, wenn man die Gerade des dazugehörigen Tastweges $g_{t,i} = m_i x$ mit der Füllhöhe h gleichsetzt. Sie ergibt sich dadurch zu $E_i(\frac{h}{m_i}; h)$. Mit $t_i = |E_i Z|$ gilt demnach:

$$t_i = \sqrt{\left(\frac{h}{m_i}\right)^2 + h^2} = \frac{h}{m_i} \sqrt{1 + m_i^2}$$

Für den Sichtweg s_i ergibt dies mit $s_i = t_i/n$ gemäß (4.1):

$$s_i = \frac{h}{n \cdot m_i} \sqrt{1 + m_i^2}$$

Der Sichtweg s_i ist der Radius eines Kreises um E_i . Um das gehobene Ziel Z^* bestimmen zu können, muss dieser Kreis mit der y -Achse geschnitten werden.

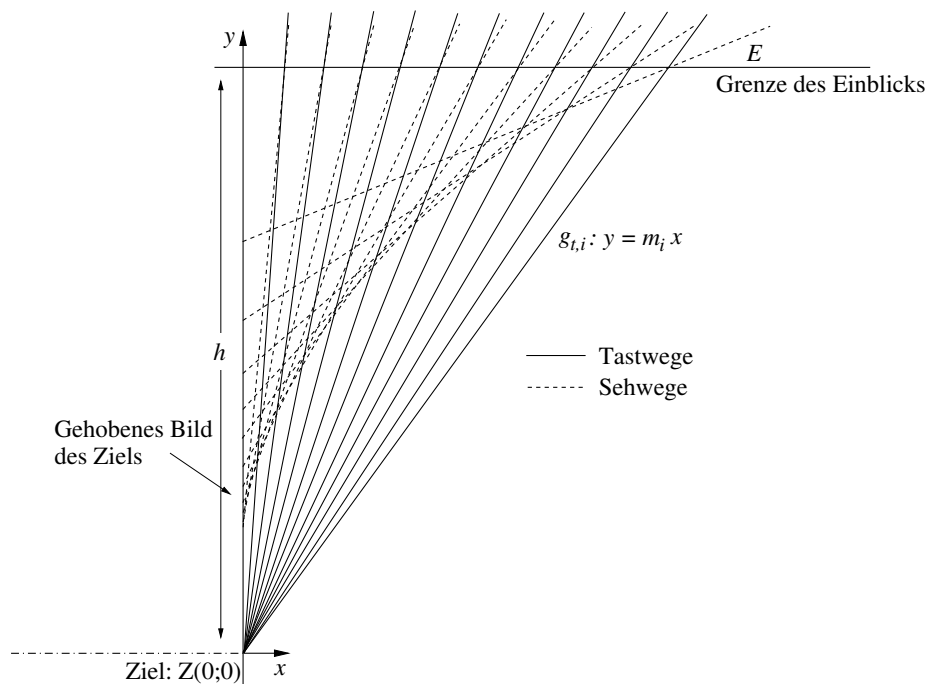


Abbildung 4.16: Das Feld möglicher Sichtverbindungen mit und ohne Wasser (nach: Maier, 1986).

Der Kreis ergibt sich zu:

$$\left(x - \frac{h}{m_i}\right)^2 + (y - h)^2 = \frac{h^2}{n^2 m_i^2} (1 + m_i^2)$$

Für den Schnittpunkt mit der x -Achse gilt also:

$$\begin{aligned} \left(0 - \frac{h}{m_i}\right)^2 + (y - h)^2 &= \frac{h^2}{n^2 m_i^2} + \frac{h^2}{n^2} \\ \frac{h^2}{m_i^2} + (y - h)^2 &= \frac{h^2}{n^2 m_i^2} + \frac{h^2}{n^2} \\ (y - h)^2 &= \frac{h^2}{m_i^2} \left(\frac{1}{n^2} - 1\right) + \frac{h^2}{n^2} \\ \Rightarrow y_{1/2} &= h \pm \sqrt{\frac{h^2}{m_i^2} \left(\frac{1}{n^2} - 1\right) + \frac{h^2}{n^2}} \end{aligned}$$

Da man die y -Koordinate des gehobenen Ziels sucht, ist selbstverständlich nur die Lösung von Belang, die einen Wert unterhalb von h wiedergibt. Dementsprechend ist nur die Lösung y_2 relevant:

$$\begin{aligned}
y_2 &= h - \sqrt{\frac{h^2}{m_i^2} \left(\frac{1}{n^2} - 1 \right) + \frac{h^2}{n^2}} \\
&= h \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{1}{m_i^2} \left(\frac{1}{n^2} - 1 \right) + \frac{1}{n^2}} \right) \\
\Rightarrow y_2 &= h \cdot \left(1 - \frac{1}{n \cdot m_i} \sqrt{1 - n^2 + m_i^2} \right)
\end{aligned}$$

Aus diesem Zusammenhang lässt sich ein Wertebereich für m_i ableiten. Für den Wert in der Wurzel muss also gelten:

$$\begin{aligned}
1 - n^2 + m_i^2 &\geq 0 \\
\Rightarrow m_i^2 &\geq n^2 - 1
\end{aligned} \tag{4.2}$$

Der Wertebereich der Steigungen der Geraden der Tastwege hängt demnach unmittelbar mit der Brechzahl n zusammen.

Für die Steigung $m_{s,i}$ einer der Sehwege folgt:

$$\begin{aligned}
m_{s,i} &= \frac{h - h \left(1 - \frac{1}{n \cdot m_i} \sqrt{1 - n^2 + m_i^2} \right)}{\frac{h}{m_i}} \\
\Rightarrow m_{s,i} &= \frac{1}{n} \sqrt{1 - n^2 + m_i^2}
\end{aligned}$$

Der Punkt E_{total} , dessen Sehweg eine Steigung $m_{s,\text{total}} = 0$ hat, gibt den Winkel der Totalreflexion vor. Bei Blick mit entsprechendem Winkel aus dem Wasser heraus gelingt es nicht mehr, aus dem Aquarium herauszublicken. Es ergibt sich entsprechend der selbe Wertebereich für die Steigungen der Sehwege wie auch für die Tastwege in (4.2).

Die Schnittpunkte einzelner aufeinanderfolgender Sehwege untereinander ergibt eine Kurve, die sogenannte *Diakaustik* (Abbildung 4.16). Während also verschiedene Beobachter, die aus unterschiedlichen Richtungen blickend auch verschiedene Orte des gehobenen Objekts ausmachen, ist die Diakaustik ausschließlich über die Brechzahl und den Ort des Ziels vorgegeben. Von dieser Diakaustik ausgehend wiederum lässt sich über das Zeichnen einer Tangente der Ort des gehobenen Objekts für jeden Einblickwinkel bestimmen.

Betrachtet man Abbildung 4.15, so lässt sich die Bedingung (4.2) auf Winkel übertragen. Ordnet man der Steigung m_{total} über $m_{\text{total}} = \tan \varphi$ einen Winkel zu, so gilt:

$$\begin{aligned}
 1 + m_{\text{total}} &= n^2 \\
 1 + \tan \varphi &= n^2 \\
 \frac{1}{\cos^2 \varphi} &= n^2 \\
 \frac{1}{\sin^2(90^\circ - \varphi)} &= n^2
 \end{aligned}$$

Mit $\varphi = 90^\circ - \beta$ ergibt dies:

$$\frac{1}{\sin \beta} = n$$

und somit die bekannten Voraussetzungen bei der Totalreflexion, nämlich $\alpha = 90^\circ$ und $\sin \alpha = n \cdot \sin \beta$.

Hebungskonchoide

Beim einäugigen Einblick in ein Aquarium scheint der Boden nicht nur gehoben sondern auch gekrümmt zu sein. Dies ist Folge der unterschiedlichen Blickwinkel für die verschiedenen Punkte auf dem Aquariumboden. Die analytische Berechnung dieses Sachverhalts ist Grebe-Ellis et al. (2002) entnommen und soll hier rezipiert werden.

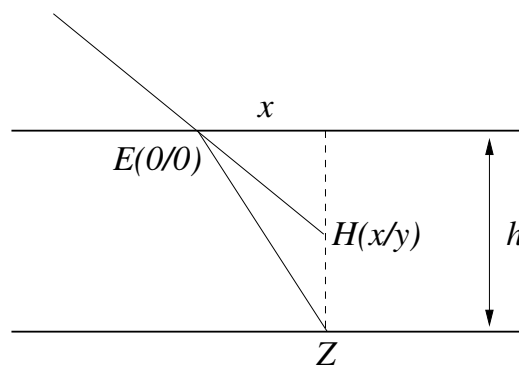


Abbildung 4.17: Zur Berechnung des gehobenen Punktes $H(x; y)$ bei festem Einblickspunkt $E(0; 0)$ (aus: Grebe-Ellis et al., 2002).

Zu Beginn wird der Einblickspunkt E festgehalten und auf den Ursprung des Koordinatensystems gesetzt (Abbildung 4.17). Aus der Richtung dieses Einblickspunktes geblickt erscheint in H das gehobene Bild von Z . Im Tasträum gilt für den Abstand d_t zwischen Einblickspunkt und Ziel $d_t = |EZ| =$

und entsprechend mit $|E'F| = y$, $|AF| = a + y$, $|H'F| = x'$ und $|HF| = x$:

$$\frac{y}{a + y} = \frac{x'}{x}$$

bzw.

$$\frac{y^2}{(a + y)^2} = \frac{x'^2}{x^2} \quad (4.4)$$

Aus (4.3) ist bekannt, dass gilt:

$$x'^2 = \frac{h^2 - n^2 y^2}{n^2 - 1}$$

Führt man (4.3) und (4.4) zusammen, so ergibt sich:

$$\begin{aligned} \frac{y^2}{(y + a)^2} &= \frac{h^2 - n^2 y^2}{x^2} \\ \frac{y^2}{(y + a)^2} \cdot x^2 \cdot (n^2 - 1) &= h^2 - n^2 y^2 \\ \frac{y^2}{(y + a)^2} \cdot x^2 \cdot \frac{n^2 - 1}{n^2} + y^2 &= \frac{h^2}{n^2} \end{aligned} \quad (4.5)$$

und somit die Gleichung einer Konchoide. Vom Punkt A aus gesehen erscheint der Boden des Aquariums in Form einer Konchoide gehoben (Abbildung 4.19). Für einen im einem Pool stehenden Beobachter scheinen die Ränder stärker gehoben, als die Punkte unter ihm.

Stereoskopisches Sehen

Die bisherigen Überlegungen galten nur für das einäugige Betrachten eines Zielpunktes im Aquarium und damit insbesondere unter der Voraussetzung, dass die Hebung immer senkrecht zur durchblickten Oberfläche geschieht. Doch auch bei zweiäugigem Blick heben sich Objekte im durchblickten Medium senkrecht: Hält man den Kopf aufrecht bzw. verläuft die Verbindungsgerade zwischen den Augen parallel zur durchblickten Grenzfläche, ist der Aufblickwinkel für beide Augen und damit das Maß der Hebung identisch.

Neigt man jedoch den Kopf zur Seite, liegen die Augen auf unterschiedlichen Höhen über der Grenzfläche. Blickt man nun auf ein Objekt im Wasser, so wird dieses von den beiden Augen in unterschiedlichen Winkeln wahrgenommen. Unterschiedliche Winkel ziehen jedoch unterschiedliche Hebungen nach sich. In Abbildung 4.20 ist die Ansicht von einem um 90° geneigten

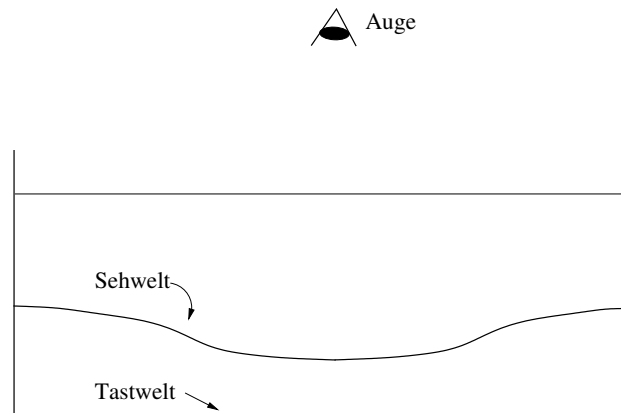


Abbildung 4.19: Schematische Darstellung der Sehwelt eines Aquariumbodens in Form der Konchoidkurve und der Tastwelt bei senkrechter Sicht von oben.

Kopf bei Anblick eines Ziels Z dargestellt. Aufgrund der verschiedenen Winkel beobachtet das rechte, flacher blickende Auge eine stärkere Hebung als das linke, steiler blickende. Die Folge ist, dass das gehobene Bild eines Punktes vom Aquariumboden am Kreuzungspunkt beider Sehwege entsteht. Es erscheint folglich *vor* dem Ort der jeweils einäugigen Ansicht. Führt man dies für alle Punkte des Aquariumbodens durch, so ergibt sich die in Abbildung 4.20 und mit Hilfe der Gleichung (4.5) berechnete Kurve für die zweiäugige Ansicht.

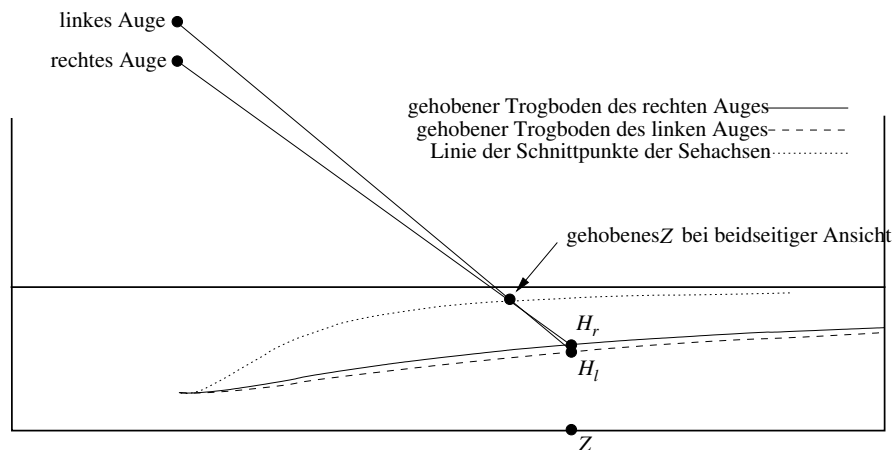


Abbildung 4.20: Berechnung des gesehenen Aquariumbodens für einäugige und zweiäugige Sichten (aus: Grebe-Ellis et al., 2002).

Farben

Die phänomenologische Betrachtung der Farben ist Bestandteil vieler Diskussionen in der einschlägigen Forschungslandschaft. Eine eingehende Beschreibung dieser Diskurse übersteigt den Rahmen dieser Arbeit und soll daher auch nicht vorgenommen werden. Eines mit den vorigen Abschnitten in Beziehung stehendes Phänomen soll jedoch kurz dargestellt werden.

Blickt man schräg in ein mit weißem Licht ausgeleuchtetes Aquarium mit schwarz-weißem Boden, so wird man am gehobenen Bild des Übergangs von der weißen zur schwarzen Fläche Farbränder erkennen, wenn die Blickrichtung quer zum Kontrastverlauf ist. Die dabei sichtbaren Farben gehen von violett über dunkelblau zu cyan. Blickt man dagegen auf einen Übergang von schwarz zu weiß, so ist eine Farbenfolge von gelb über orange zu rot erkennbar.²

Dieses Phänomen kann über den Zugang der Hebung verstanden werden. Beleuchtet man den Aufbau mit monochromatischem roten Licht, so wird man feststellen, dass die schwarze Markierung weniger stark gehoben ist als bei blauer Beleuchtung. Bei senkrechtem Einblick ergibt sich beispielsweise eine Differenz von berechneten 3,4 mm, bei schrägem Einblick ist sie entsprechend größer. Zwischen diesen Extremen finden sich die Orte der gehobenen Bilder aller weiteren Farben. Bei weißer Beleuchtung stellt sich jeweils eine bestimmte von der Farbe abhängige Hebung ein. Dies hat nun die Folge, dass es Blickrichtungen gibt, in die man nur bläuliche Farben wahrnimmt und andere, wo rötliche Farben auftreten (siehe Abbildung 4.21). Die Pfeilrichtung in der Abbildung kennzeichnen die Richtung der Zunahme der rötlichen bzw. bläulichen Charakteristik. Dazwischen ist lediglich schwarz zu erkennen, darüber hinweg mischen sich die Farben des Spektrums zu weiß.

Im Rahmen eines vollständigen Curriculums bietet diese Sichtweise der Farbentstehung einen guten Übergang von der optischen Hebung zu Farben. Selbstverständlich sollte beachtet werden, dass die hier dargestellte theoretische Auseinandersetzung mit der Hebung im Unterricht der 8. Klassen nicht umsetzbar ist. Daher soll im folgenden Unterabschnitt kurz auf die curriculare Auseinandersetzung mit der Hebung eingegangen werden.

²Ein paarweiser Vergleich der auftretenden Farben lässt erkennen, dass sie sich jeweils zur Farbigeit der Beleuchtung (hier: zu weiß) addieren, es sich also um "Komplementärfarben" handelt. So ist das rot komplementär zu cyan und das blau komplementär zu gelb.

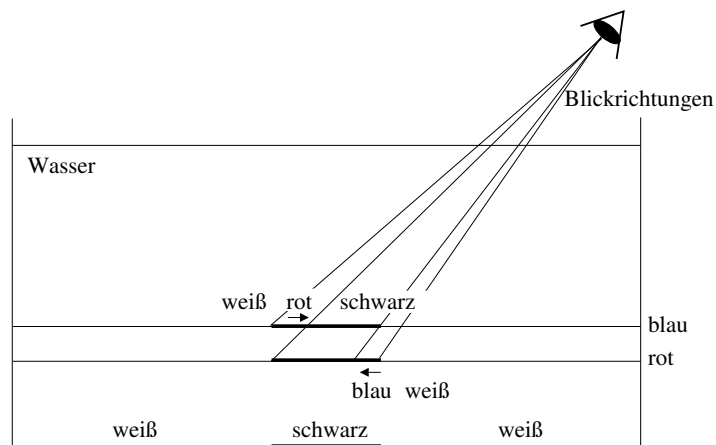


Abbildung 4.21: Zu den Farbsäumen beim Anblick eines im Wasser versenkten schwarzen Streifens.

Unterrichtsgang

Ein erstes Experiment zur optischen Hebung soll einen kognitiven Konflikt auslösen. Es wird ein Becken vorbereitet, welches vollständig mit Wasser gefüllt ist. In diesem Becken befinden sich zwei Stäbe, von denen einer abgeknickt, der andere gerade erscheint (Abbildung 4.22). Zieht man beide Stäbe aus dem Behälter, so zeigt sich, dass der vorher gerade erscheinende Stab in "Wahrheit" einen Knick hat, während der vorherig geknickt erscheinende Stab gerade ist. Dies wird dadurch erreicht, dass die Knickstelle des linken Stabes in Abbildung 4.22 mit der Wasseroberfläche zusammenfällt und der Knickwinkel genau so gewählt ist, dass die optische Hebung dies scheinbar aufhebt.

Es folgen Experimente, die die optische Hebung quantifizieren sollen. So wird zum einen der senkrechte Anblick, zum anderen der schräge Blick auf eine Wasseroberfläche behandelt. Es ist beispielsweise möglich, eine auf dem Boden eines mit Wasser gefüllten Gefäßes liegende Münze bei senkrechtem Blick mit einer identischen außerhalb zu vergleichen. Über Peilung wird versucht, die außerhalb befindliche Münze so weit anzuheben, dass beide Münzen gleich groß erscheinen. Markiert man diese Stelle, so ist der Sehweg bekannt. Der Tastweg lässt sich leicht bestimmen, so dass man beide Wege zueinander in Beziehung setzen kann. Es wird auffallen, dass das Verhältnis aus Sehweg und Tastweg näherungsweise eine konstante Zahl ergibt. Diese wird dann mit der Hebungs- oder Brechzahl in Verbindung gebracht.

Analog lässt sich dieser Zusammenhang auch bei schrägem Einblick gewinnen. Die Ecke eines mit Wasser gefüllten Aquariums lässt sich unter verschiedenen Winkeln anpeilen. Der jeweilige Sehweg wird an der Wand des



Abbildung 4.22: Die optische Hebung aus der eingebundenen Perspektive: Ein Blick auf zwei Stäbe, die sich in einem Wasserbad befinden. Der linke Stab scheint geraden Verlauf zu nehmen, der rechte scheint abgelenkt. In "Wahrheit" ist der rechte Stab geknickt, der linke gerade.

Aquariums markiert, wie auch der Tastweg. Verschiedene Winkel ergeben dann wieder einen annähernd konstanten Wert für das Verhältnis.

Über die Betrachtung einer schwarz-weiß gefärbten Kachel in einem Wasserbad lassen sich weitere Besonderheiten der Hebung beobachten (analog zum vorigen Unterabschnitt). An den Rändern der Übergänge zwischen den weißen und schwarzen Streifen sind die erwähnten Farbsäume zu erkennen.

Am Ende des Curriculums wird die optische Abbildung mit der so genannten Schusterkugel berührt. Als Einstieg in die Linsenoptik zeigt das Einfüllen von Wasser in eine beleuchtete Schusterkugel einen Effekt, mit dem die zerstreue Wirkung einer Kugel auf überraschende Weise gezeigt werden kann (genauer in: Erb und Schön, 1991).

4.2 Die Fermatoptik – Mittelstufe

Der in der Anfangsoptik über den Blickweg eingeführte Lichtweg ist in diesem Unterrichtsabschnitt für die Mittelstufe von besonderer Bedeutung. Im Mittelpunkt steht das Betrachten von Lichtwegen von Sender zum Empfänger durch optische Anordnungen und darüber die Aufdeckung von Gesetzmäßigkeiten, die begründen, warum sich bestimmte Lichtwege von anderen unterscheiden. Auch in dieser Phase ist die Einführung der Strahlen- bzw. Wellenoptik nicht notwendig. Die Nutzung des Fermat-Prinzips ist vor diesem Hintergrund besonders naheliegend, da es die optischen Phänomene zu beschreiben vermag, ohne sich auf quasimechanische Größen zu beziehen. Da bereits in anderen Arbeiten (Erb, 1994; Weber, 2003) der theoretische

Hintergrund der Fermat-Optik dargestellt wurde, soll an dieser Stelle darauf verzichtet werden.

Unterrichtsgang

Reflexion

Zu Anfang des Unterrichtsganges wird das Problem der kürzesten Verbindungsstrecke zwischen zwei Ortspunkten aufgeworfen. Über eine simple Peilung über aufgestellte Pylone wird thematisiert, dass sich das Licht im homogenen Medium geradlinig ausbreitet. Beim Bezug zur Anfangsoptik und dem ersten Spiegelgesetz wird festgestellt, dass dies eine Folgerung des Fermat-Prinzips ist. Aus Abbildung 4.9 wird deutlich, dass das Licht auch bei der Reflexion am Spiegel geraden Verlauf nimmt: Der Lichtweg lässt sich nach jener Herangehensweise in die Spiegelwelt verlängern und hat damit geraden Verlauf. Es wird zusammengefasst:

Der Lichtweg zwischen zwei Punkten ist derjenige mit der kürzesten geometrischen Weglänge

Es ist darüberhinaus möglich, sich bei der Reflexion am Spiegel mit den anderen möglichen Lichtwegen auseinanderzusetzen, um festzustellen, dass sie alle länger sind. Eine Betrachtung des Hohlspiegels macht eine Umformulierung des Minimalprinzips notwendig, da dort der Lichtweg unter bestimmten Bedingungen maximal wird verglichen mit den Nachbarwegen. Es wird formuliert:

Der Lichtweg zwischen zwei Punkten ist derjenige mit extremer geometrischer Weglänge.

Hebung / Brechung

Beim zweiten Teil des Ganges wird Bezug genommen auf die bereits aus der Anfangsoptik bekannte optische Hebung (bzw. Brechung). Bei der seitlichen Darstellung der Lichtwege beispielsweise in einem Aquarium wird deutlich, dass die *geometrische* Weglänge nicht extremal ist. Dies wird auf unterschiedliche Laufzeiten in den verschiedenen Medien zurückgeführt und im Zuge dessen die optische Weglänge eingeführt. Im experimentellen Teil wird ein Instrument eingeführt, mit dem man die optische Weglänge messen kann. Dabei handelt es sich um ein handelsübliches Laser-Entfernungsmessgerät. Dieses Messinstrument misst die Laufzeit von Lichtpulsen und errechnet daraus die zurückgelegte Distanz. Dies führt dazu, dass die Messung der Länge eines Wasserbades bzw. eines Acrylstabes durch das Entfernungsmessgerät

”falsche” Ergebnisse liefert, da die Laufzeiten in diesen Medien um den Betrag des jeweiligen Brechungsindex n multiplizierten Wert abweichen und somit mit der optische Weglänge übereinstimmt. Dieser Unterrichtsteil wird mit der Erkenntnis geschlossen:

Der Lichtweg zwischen zwei Punkten ist derjenige mit extremaler optischer Weglänge.

Optische Abbildung

Im letzten Teil der Fermat-Optik wird die optische Abbildung behandelt. Es wird festgestellt, dass sehr viele Lichtwege durch eine abbildende optische Anordnung die gleiche optische Weglänge besitzen (Harreis und Schmitz, 1973). Dies kann mit dem erwähnten Laser-Entfernungsmessgerät und einer mit Wasser gefüllten Plexiglaslinse nachgewiesen werden.

Ein anderes abbildendes optisches Element kann über die Spiegelwelt ergründet werden. Es seien zwei Punkte A und B vorgegeben. Es wird nach einem Spiegel gesucht, der Punkt A in Punkt B abbildet. Da vorausgesetzt wird, dass alle Lichtwege gleich lang sind, müssen alle von B aus gesehenen Spiegelbilder von A auf einem Kreis um B liegen. Die für jedes Spiegelbild von A benötigten Spiegel liegen wegen des ersten Spiegelgesetzes auf der Mittelsenkrechten zwischen A und dem jeweiligen Spiegelbild (siehe dazu Abbildung 4.23).

Führt man dies für eine gewissen Menge an Punkten durch, so ergibt sich die Form einer Ellipse (Abbildung 4.24). Die gleiche Konstruktion wäre auch mit Faden und Nadel möglich (so genannte Gärtnerkonstruktion), indem man an den Punkten A und B die Enden des Fadens befestigt und mit der Spitze eines Stifts den gespannten Faden herumführt. Auch so ist gewährleistet, dass die optische Weglänge für alle Punkte identisch ist.³ Die Fermat-Optik wird mit folgender Erkenntnis geschlossen:

Bei einer optische Abbildung gibt es zwischen dem Gegenstandspunkt und dem Bildpunkt unendlich viele Lichtwege mit der gleichen optischen Weglänge.

³Guderian und Schön (2004) zeigen nach einer Idee von Feynman (beschrieben in Goodstein und Goodstein, 1998), dass sich die Erkenntnisse aus dieser Herangehensweise auch bei der Behandlung der Planetenbewegungen als nützlich erweisen können. Dies übersteigt jedoch das Niveau der Mittelstufe und soll hier nur erwähnt bleiben.

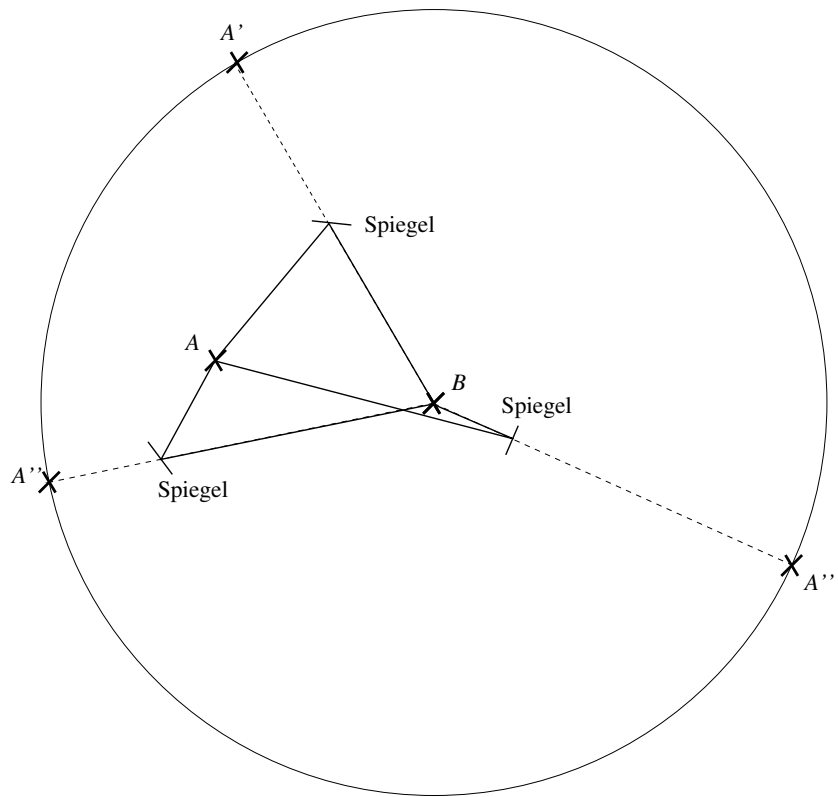


Abbildung 4.23: Zur Begründung des Ellipsenspiegels. Es wurden drei Spiegel gefunden, die A auf B abbilden.

4.3 Die Zeigeroptik – Oberstufe

In Werner (2000) wird die Nutzung der Zeigeroptik in einem Unterrichtsgang ausführlich beschrieben. Wie auch bei der Fermat-Optik soll hier darauf nicht näher eingegangen werden. An dieser Stelle wird nur auf die grundlegende Idee hingewiesen und der Bezug zum bereits bekannten Lichtwegkonzept aufgezeigt.

Die Zeigeroptik hat ihren Ursprung in einer populärwissenschaftlichen Darstellung der Quantenelektrodynamik von Richard Feynman (Feynman, 2005). Dort führt er Zeiger ein, um optische Phänomene zu begründen, ohne die Frage nach der genauen Natur des "Lichts" beantworten zu müssen.

Für die Verwendung des Zeigerformalismus ergeben sich folgende Regeln (nach: Erb und Schön, 1996):

- (a) Jedem Lichtweg wird ein Zeiger zugeordnet, der sich während der Lichtausbreitung dreht. Wenn der Zeiger eine vollständige Drehung durchgeführt hat, hat das Licht einen Weg zurückgelegt, der gleich seiner Basislänge (Wellenlänge) λ ist.
- (b) Die Länge des Zeigers wird so gewählt, dass das Quadrat die Wahrchein-

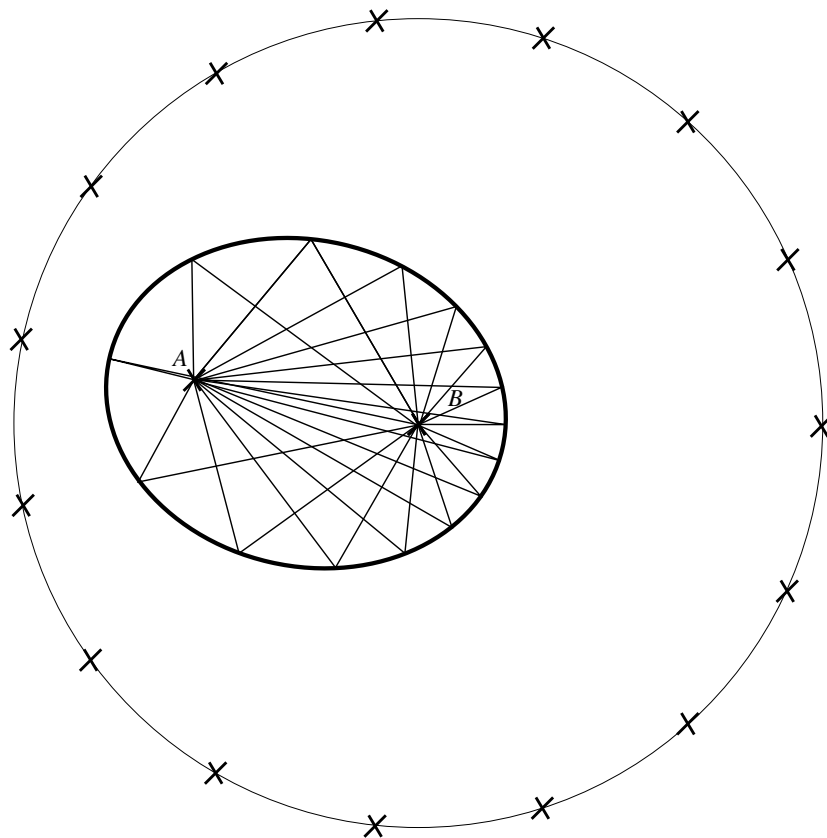


Abbildung 4.24: Die Entstehung eines Ellipsenspiegels über die Spiegelweltkonstruktion.

lichkeit angibt, am Empfänger ein Photon zu registrieren.

- (c) Um die Intensität zu erhalten, müssen alle Zeiger wie Vektoren addiert werden. Anschließend wird die Resultierende quadriert.
- (d) Bei mehreren Lichtwegen von einer Lichtquelle zum Empfänger müssen alle Wege berücksichtigt werden, um das richtige Ergebnis für die Intensität zu erhalten.
- (e) Jeder Lichtweg trägt vom Betrag gleich viel zum Ergebnis bei.

Im Gegensatz zur Fermat-Optik wird postuliert, dass **alle** Lichtwege zur Intensität an einem bestimmten Punkt beitragen. Als verdeutlichendes Beispiel dient die schon aus der Anfangsoptik bekannte Reflexion an einem Spiegel. Statt der unendlichen Zahl an Lichtwegen soll näherungsweise eine repräsentative Anzahl an Lichtwegen herausgegriffen werden (Abbildung 4.25). Jedem

Lichtweg wird ein Zeiger zugeordnet, der je nach Länge des Lichtweges in eine bestimmte Richtung zeigt. Nach Postulat haben alle Zeiger die gleiche Länge und unterscheiden sich nur durch ihren Phasenwinkel. Addiert man graphisch alle Zeiger, so ergibt sich die dazugehörige Cornu-Spirale. Es fällt auf, dass die Lichtwege um Weg 13 herum den größten Beitrag zur Intensität liefern.

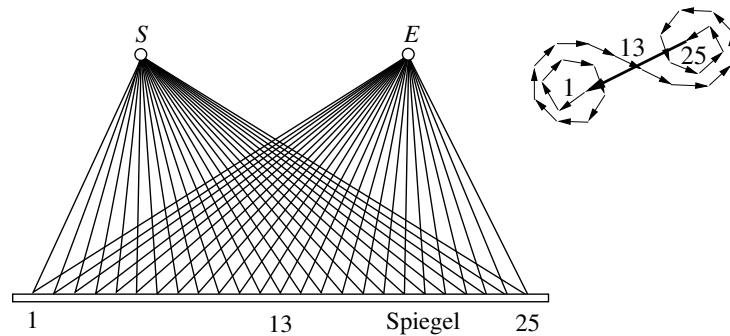


Abbildung 4.25: Ausmessung der Lichtwege bei der Reflexion am Spiegel mit dem Zeigerformalismus (nach Erb, 1995c).

Wie könnte man die Intensität noch weiter vergrößern? Aus der Logik des Zeigerformalismus heraus müsste man diejenigen Lichtwege ausschließen, deren Zeiger in die "falsche" Richtung zeigen und somit nicht konstruktiv zur Intensität beitragen. Dies ist für die wenigen Lichtwege in Abbildung 4.26 durchgeführt. Es zeigt sich, dass sich die Länge des resultierenden Zeigers vergrößert. Praktisch kann dies erreicht werden, indem man die reflektierende Schicht des Spiegels an den jeweiligen Flächen wegkratzt.

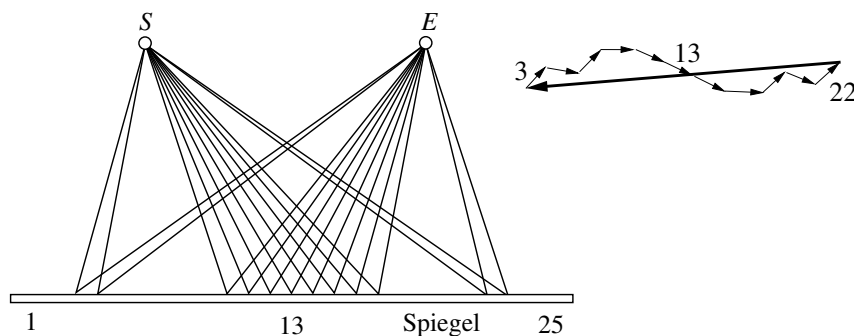


Abbildung 4.26: Die Verhinderung der negativ zur Resultierenden beitragenden Lichtwege führt zu einer Resultierenden größeren Betrags.

Für eine größere Zahl von Lichtwegen bietet sich die Nutzung des Computers an. Dazu wurde im Rahmen einer Examensarbeit ein Programm ge-

schrieben (Müller, 2004). Übergibt man die Arbeit der Auslöschung der ungeeigneten Lichtwege dem Computer und lässt sich die Gestalt des Spiegels, der diese Bedingungen erfüllt ausgeben, so ergibt sich das bekannte Gitter (Abbildung 4.27).

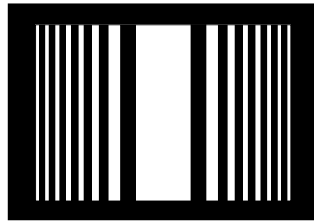


Abbildung 4.27: Die mit einem Computerprogramm errechnete Gestalt eines Spiegels, der bei den vorgegebenen Punkten S und E aus Abbildung 4.25 und 4.26 die maximale Intensität erreicht – es entsteht ein Gitter.

Weitere Phänomene, wie die streifige Struktur einer Seifenhaut oder die ”geköpfte” Seifenblase (Weber, 1999) lassen sich mit der Zeigeroptik ebenso einfach behandeln wie Beugungs- bzw. Interferenzerscheinungen (Erb, 1995a; Sommer, 2005).

Bis auf die Behandlung von Polarisationserscheinungen oder spezieller Phänomene wie beispielsweise der Kerr- oder Faradayeffekt lassen sich alle Gebiete der Optik mit dem Zeigerformalismus beschreiben. Dass das Gebiet der Polarisation dennoch nicht von der phänomenologischen Betrachtungsweise ausgeschlossen ist, zeigt Grebe-Ellis (2005). In jener Arbeit werden weitere grundsätzliche Betrachtungen zur phänomenologischen Optik angestellt. Am Beispiel der Polarisation werden erkenntnistheoretische und experimentiermethodische Aspekte untersucht und anhand vieler Experimente erörtert.

Teil II

Methoden

Kapitel 5

Aufbau der Untersuchung

5.1 Untersuchungsbedarf

Kapitel 2 zeigt, dass im Bereich der außerschulischen Lernorte noch einige Fragen offenstehen. Gerade im Bezug auf die besonders im deutschsprachigen Raum sowohl bei Geldgebern aber auch bei den Nutzern beliebten Schülerlabore scheint die Wirksamkeitsforschung den wohlwollenden und vielfach anekdotenhaft zugewiesenen Nutzen jener Labore hinterher zu hinken. Bis auf die relativ ähnlich ausgerichteten Arbeiten von Engeln (2004) und Brandt (2005) sind keine substantiellen Untersuchungen durchgeführt worden. So fehlen (nicht nur im deutschsprachigen Raum) vollständig Studien, die den Einfluss mehrfacher Besuche eines außerschulischen Lernortes auf bestimmte Bildungsziele erheben. Darüberhinaus sind keine Arbeiten bekannt, die eingehender auf den Nutzen der vielfach geforderten engen Vernetzung von Besuch und Curriculum und einem daraus folgenden möglichen Einfluss auf das Interesse abheben. Die vorliegende Arbeit versucht, diese Aspekte näher zu beleuchten und dabei verschiedene Altersklassen zu berücksichtigen. Gerade vor dem Hintergrund des einsetzenden Interessenverfalls mit Anfang des Physikunterrichts scheint es interessant, Vergleiche zwischen Schülern der 8. Klasse mit Anfangsunterricht und Grundschulern der 5. Klasse mit beginnendem Unterricht in Naturwissenschaften anzustellen. Außerdem wird mit der Berücksichtigung von 5. Klassen der Mahnung von Prenzel et al. (2000) Rechnung getragen, auch jüngere Schüler in längsschnittartige Untersuchungen miteinzubeziehen.

5.2 Forschungsfragen

Der Untersuchung lagen folgende Forschungsfragen zugrunde:

1. Wie entwickelt sich die emotionale, wertbezogene und epistemische Komponente des aktuellen Interesses an Physik von Schülern der Klassenstufe 5 bei mehrmaligen Besuchen eines Schülerlabors?
2. Wie entwickelt sich das individuelle Interesse an Physik von Schülern der 5. Jahrgangsstufe bei mehrmaligen Besuchen eines Schülerlabors?
3. Wie entwickelt sich die emotionale, wertbezogene und epistemische Komponente des aktuellen Interesses an Physik von Schülern der Klassenstufe 8 bei mehrmaligen Besuchen eines Schülerlabors?
4. Welche Unterschiede in der Interessensentwicklung bestehen zwischen Schülern der 8. Klasse, die mehrmalig Lerneinheiten in einem Schülerlabor erfahren, welche a) direkt auf das Curriculum zugeschnitten bzw. b) ohne direkten Bezug zum Curriculum sind?
5. Wie entwickelt sich das individuelle Interesse an Physik von Schülern der 8. Jahrgangsstufe bei mehrmaligen Besuchen eines Schülerlabors?
6. Inwiefern unterscheidet sich die Entwicklung der emotionalen, wertbezogenen und epistemischen Komponente des aktuellen Interesses an Physik von Schülern der Klassenstufen a) 5 (Grundschule) und b) 8 (Mittelstufe) bei mehrmaligen Besuchen eines Schülerlabors?

5.3 Untersuchungstyp

Aufgrund der sehr ernüchternden Datenlage zur Forschung an außerschulischen Lernorten bzw. Schülerlaboren erschien es angebracht, mit dieser Studie einen explorativen Ansatz zu verfolgen. Die Wahl des Untersuchungsdesigns und der Instrumente soll nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Studie dazu angelegt war, Hypothesen zu generieren, nicht diese zu überprüfen.

5.4 Untersuchungsdesign

Forschungsfragen 1 und 2

zeitlicher Verlauf

Für die Untersuchung wurde ein Design mit Messwiederholung gewählt und mit einem Pre-Posttest kombiniert. Die an der Untersuchung beteiligten Klassen besuchten im Laufe des Physikunterrichts in Abständen von ca. 5-6 Wochen dreimal das UniLab-Schülerlabor zu Lerneinheiten (Modulen) mit dem Thema "Optik" (Abbildung 5.1). Das aktuelle Interesse wurde zu sechs Zeitpunkten erhoben. Jeweils drei Erhebungen fanden direkt vor und nach einem Schülerlaborbesuch statt. Zusätzlich wurde vor und nach der Intervention ein Fragebogen zum individuellen Interesse ausgegeben.

Probanden

In dieser Untersuchung wurden drei Grundschulklassen der Stufe 5 einer Berliner Gesamtschule rekrutiert, die zum ersten Mal den Naturwissenschafts-Unterricht (NaWi) besuchten. Die Untersuchung begann zum Anfang des Schuljahres 2005/2006. Da nur vollständige Datensätze, d. h. nur Fragebögen von Schülern berücksichtigt wurden, die zu allen Messzeitpunkten zugegen waren, reduzierte sich die Zahl der beteiligten Schüler aufgrund von Missing Data von $n = 71$ auf $n = 46$.

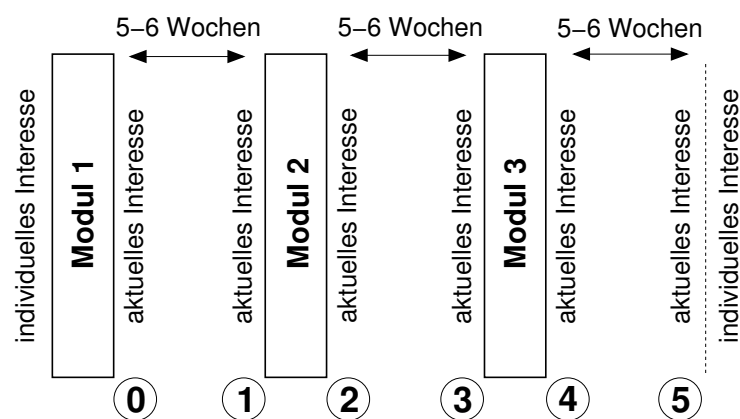


Abbildung 5.1: Design der Untersuchung.

Variablen

Zu den unabhängigen Variablen zählen das Vorwissen und -interesse der Schüler, die soziale Herkunft, das Alter, der Klassenlehrer, die Module, die Betreuer, das Schülerlabor selber und die Anfahrtswege. Dabei wurden mehrere Variablen konstant gehalten: Da die Probanden alle aus der gleichen Schule kamen, ist von einer ungefähr ähnlichen sozialen Herkunft auszugehen. Die Anfahrtswege waren, wie auch das Alter ebenfalls identisch. Außerdem wurde die Untersuchung am Schülerlabor "UniLab" durchgeführt¹, der leitende Betreuer war bei allen Modulen der Untersuchung der gleiche. Im Laufe der Untersuchung wurde weiterhin gewährleistet, dass zwei der drei Aspekte des "Novelty Space" konstant gehalten wurden. Da die Schüler das UniLab dreimal besuchten, änderten sich daher weder geographische noch psychologische Faktoren der Lernumgebung. Die kognitiven Aspekte des "Novelty Space" jedoch unterschieden sich von Besuch zu Besuch dahingehend, dass verschiedene Themengebiete der Optik behandelt wurden.

Zu den abhängigen Variablen zählten das individuelle Interesse nach der Intervention und das aktuelle Interesse zu den einzelnen Messzeitpunkten.

Forschungsfragen 3-5

zeitlicher Verlauf

Bis auf den fehlenden Messzeitpunkt 1 war das Untersuchungsdesign der achten Klassen identisch zu jenem der 5. Klassen (Abbildung 5.1). Zeitlich lag diese Teiluntersuchung vor jener der 5. Klassen. Es sollten keine kurzfristigen Neuigkeitseffekte gemessen werden, sondern die mittelfristige Entwicklung betrachtet werden, daher wurde zu dieser Zeit davon abgesehen, Messzeitpunkt 0 miteinzubeziehen. Dies stellte sich als Fehler heraus, der für die folgenden Messzeitpunkte noch korrigiert werden konnte.

Zur Beantwortung der vierten Forschungsfrage musste eine nahtlose Anschlussmöglichkeit der Module des Schülerlabors an den Unterricht gegeben sein. Dies wurde erreicht, indem die Besuche derart mit dem Curriculum der Untersuchungsgruppe verschränkt waren, dass die jeweilige Thematik bereits durch den Unterricht eingeführt und später fortgesetzt wurde. Es wurde dazu ein von der Arbeitsgruppe der Didaktik der Physik der Humboldt-Universität zu Berlin entwickeltes ca. 20-stündiges Curriculum zur Anfangsoptik für die Klassenstufen 7 und 8 angewendet (näheres zu diesem Curriculum im Kapitel 4). Ebenso wie die entwickelten Module des UniLabs zeichnet sich dieses Curriculum durch eine phänomenologische Beschäftigung mit der Optik aus.

¹näheres zu diesem Schülerlabor in Kapitel 6

Die Themen und das didaktische Konzept der Module wurden somit mit dem Curriculum der Untersuchungsgruppe verknüpft. Das Verhältnis von UniLab- und Schulstunden betrug in dem Halbjahr etwa 1:5. Mit diesem Design wurden die Anforderungen einer effektiven Vor- und Nachbereitung des außerschulischen Lernortes nach Orion (1989a, 1993) auf Seite 21 in Kapitel 2.3.1 berücksichtigt.

Um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurde für die Gruppe ohne Einbindung ebenfalls das Themenfeld "Optik" mit den gleichen Modulen gewählt. Die Gruppe ohne Einbindung durchlief den klassischen Unterricht zur so genannten Strahlenoptik. Trotz der Wahl des gleichen Themengebiets lag hier aber keine curriculare Abstimmung vor.

Variablen

Forschungsfrage 4 macht eine zusätzliche unabhängige Variable verglichen mit den beim Untersuchungsteil zur Beantwortung der Forschungsfragen 1 und 2 dargestellten Variablen notwendig: die Einbindung in den Unterricht. Ansonsten sind die Variablen identisch.

Probanden

Zum Anfang des Schuljahres 2004/2005 nahmen vier Klassen mit Berliner Schülern der 8. Jahrgangsstufe einer Gesamtschule, die zum ersten Mal den Physikunterricht besuchten, an der Untersuchung teil. Die Untersuchungsgruppe bestand aus drei Klassen, die Kontrollgruppe aus einer.² Zur Auswertung wurden nur die Schüler herangezogen, die zu allen fünf Messzeitpunkten an der Studie teilnahmen. Dies setzte die Probandenzahl von $n = 55$ auf $n = 37$ in der Untersuchungsgruppe bzw. von $n = 18$ auf $n = 10$ in der Kontrollgruppe herab. Zwar sind die Probandenzahlen unterschiedlich, jedoch sind die Werte der kleineren Gruppe normalverteilt (überprüft durch den Kolmogorov-Smirnov-Test), so dass statistische Berechnungen noch immer zulässig sind.

Forschungsfrage 6

Für die Beantwortung der Forschungsfrage 6 wurden die Interessenentwicklungen der Schüler aus den ersten fünf Forschungsfragen miteinander verglichen. Entsprechend ist das Design das bereits vorgestellte. Auch die Module

²Dieses Ungleichgewicht ist einem plötzlichen Ausscheiden einer Lehrkraft zuzuschreiben, die von der Teilnahme ihrer Klassen an der Untersuchung absah. In der Kürze der Zeit konnten keine Ersatzklassen mehr gefunden werden.

waren für die Schüler der beiden Altersstufen weitestgehend identisch gestaltet, so dass sich die resultierenden Entwicklungen des aktuellen Interesses vergleichen lassen und etwaige Unterschiede auf die unterschiedlichen Altersstufen zurückführen lassen.

5.5 Messinstrumente

Zur Erfassung des aktuellen Interesses wurde ein Fragebogen aus Engeln (2004) verwendet. Dieser erhebt drei Komponenten des aktuellen Interesses:

emotionale Komponente Die emotionale Komponente des aktuellen Interesses beschreibt, inwiefern Schüler den Besuch eines Schülerlabors mit positiven Gefühlen und Erlebnisqualität besetzen. Der eingesetzte Fragebogen hat eine Reliabilität gemessen mit dem Alphawert nach Cronbach laut Engeln (2004) von $\alpha = .76$.

wertbezogene Komponente Die wertbezogene Komponente deckt ab, ob die Schüler dem Schülerlaborbesuch eine besondere subjektive Bedeutung einräumen. Die Reliabilität ist mit $\alpha = .72$ angegeben.

epistemische Komponente Die epistemische Komponente beschreibt den Wunsch der Schüler, mehr über die Inhalte dieses Besuchs lernen zu wollen ($\alpha = .84$).

Nähere Ausführungen zur Entwicklung des Instrumentes finden sich in Engeln (2004). Der Fragebogen ist im Anhang dieser Arbeit aufgeführt. Aufgrund einer intendierten Vergleichbarkeit mit Engeln (2004) und den Daten der Untersuchung mit 8. Klassen (Kapitel 8) wurde für die Schüler der 5. Klassen kein weiteres Testinstrument entwickelt. Mögliche Deckeneffekte bei jüngeren Schülern sind daher nicht ausgeschlossen.

Das individuelle Interesse wurde mit einer Skala aus Hoffmann et al. (1998) erhoben. Dabei wurde das Sachinteresse erfragt, das mit dem individuellen Interesse an Physik identifiziert werden kann (Hoffmann et al., 1997, S. 108). Es besitzt nach Krapp (1992b) drei Dimensionen: Neben dem Interesse an einem Kontext und dem physikalischen Gebiet, in dem man sich mit diesem Kontext auseinandersetzt, wird darüberhinaus auch noch nach Tätigkeiten gefragt, die man in diesem Zusammenhang ausführen kann. Hoffmann et al. (1998) geben für diese Subskala ein Cronbach Alpha von $\alpha = .91$ bzw. $\alpha = .85$ an (Nach- bzw. Vortest der zitierten Studie). Dieser Fragebogen ist ebenfalls im Anhang zu finden.

Kapitel 6

Das UniLab

Auf Seite 24 in Kapitel 2.3.1 sind einige Aspekte angeklungen, die problematisch für das Lernen in außerschulischen Lernorten sein können. Je informeller eine Lernumgebung ist, desto leichter stellen sich Probleme ein, die dem Lernen abträglich sein können. Allzu freie Lernumgebungen können die Ausbildung von Fehlvorstellungen fördern und sie sind kaum in der Lage, höherwertiges Wissen zu vermitteln. Dennoch bleiben informelle Lernereignisse auch über viele Jahre positiv im Gedächtnis haften (Falk und Dierking, 1997).¹

Vor diesem Hintergrund definieren viele außerschulische Lernorte ihre Hauptaufgabe darin, vor allem affektive Lernziele zu erreichen. Allerdings wird jede Einrichtung einräumen müssen, dass der "Spaß an der Freude" nicht alleine Antriebsfeder sein kann. Durchaus stehen die Inhalte im Vordergrund und die Hoffnung, dass auf lange Sicht das im Idealfall anregende Lernereignis eine weitere kognitive Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand zur Folge hat. Die Besuche didaktisch sinnvoll zu gestalten sollte schon alleine deswegen nicht vernachlässigt werden.

6.1 Konzeption des UniLab

Das UniLab Adlershof in Berlin versucht die positive Merkmale einer informell angelegten Lernumgebung zu nutzen, ohne dabei die damit zusammenhängenden Schwierigkeiten zu vernachlässigen. Nach Tabelle 2.2 von Wellington (1990) auf Seite 9 findet sich das UniLab in der Mitte zwischen informellen und formellen Lernen wieder. Während die Besuche des UniLabs im Klassenverband eher obligatorisch sind, da sie in der Unterrichtszeit liegen,

¹Allerdings stellen diese Autoren auch fest, dass es fraglich sei, inwiefern sich diese mit den pädagogischen Absichten, die zu jenem Lernereignis führten, decken.

strukturierten und geplanten Charakter haben, sowie vorgegebene Themen beinhalten, werden sie auf der anderen Seite nicht bewertet, sind lernerzentriert, betonen die kollaborative Arbeit zwischen den Schülern und finden vor allem außerhalb eines formellen Ortes statt. Besonders letzter Aspekt hat nach den Ausführungen zum "Novel Field-Trip Phänomenon" in Kapitel 2.3.1 besondere Relevanz.

Der Vorgang eines Besuches gestaltet sich wie folgt: Zu Beginn des Besuchs einer Schulklasse steht ein beeindruckendes Experiment, welches in die jeweilige Thematik einführen und Fragen aufwerfen soll. Es folgt eine gemeinsame Ausformulierung des physikalischen Hauptproblems. Eine oder zwei arbeitsteilige Gruppenarbeiten geben den Schülern daraufhin den Spielraum, sich in kleinen Gruppen ohne Zeitdruck mit Teilproblemen zu beschäftigen und bereitgestellte Experimente durchzuführen. Eine abschließende Ergebnispräsentation der einzelnen Gruppen, ein weiteres Demonstrationsexperiment und eine Gesamtauswertung beenden die Veranstaltung nach rund drei Stunden.

Zum einen versucht das UniLab, im Sinne der drei Grundbedürfnisse der für die Entwicklung von Interesse wichtigen Selbstbestimmungstheorie positiv zu wirken. Das Kompetenzerleben wird dadurch intensiviert, dass ein phänomenorientierter Zugang zu den Themen des Besuchs gewählt wird. Im Mittelpunkt stehen das Beobachten und das Beschreiben. Die Schüler werden konsequent direkt in den Erkenntnisprozess einbezogen und subjektive Empfindungen werden zu Hilfe genommen, physikalische Sachverhalte näher zu beleuchten. Es wird auf keine Vorkenntnisse aufgebaut, so dass sich damit jeder Schüler als handlungsfähig erweisen kann.

Auf Erleben von Autonomie wird in den Gruppenarbeitsphasen gebaut. Im Unterschied zur Schule wird den Schülern die Möglichkeit gegeben, in Kleingruppen an einem Teilproblem zu arbeiten und eigene Ideen zu verfolgen. Die Experimente sind meist so aufgebaut, dass sich verschiedene Lösungsmöglichkeiten finden lassen, so dass die Ergebnisse der Gruppenarbeiten aus eigener Arbeit entstanden sind. Auf eine zu große Offenheit der Gruppenarbeit wird jedoch verzichtet. Engeln (2004) zeigt, dass die Möglichkeit der Schüler, vollkommen eigene Entscheidungen zu treffen nur untergeordneten Einfluss auf die Interessenentwicklung hat. Ganz im Gegenteil scheint eine negative Rückkopplung der Offenheit mit der Verständlichkeit vorzuliegen, die sich wiederum negativ auf die Interessenentwicklung niederschlägt. Dies hängt vermutlich damit zusammen, dass das Anforderungsprofil der Besuche zu den Schülern passen muss, um eine positive Wirkung auf das Interesse haben zu können. Im UniLab wird daher auf halbstrukturierte Arbeitsbögen zurückgegriffen, die den Schülern helfen sollen, einen eigenen Weg zur Lösung des jeweiligen Teilproblems zu finden. Die Arbeitsbögen geben lediglich eine

Hilfestellung und verstehen sich nicht als Vorgabe von Arbeitsschritten, die abgearbeitet werden müssen.

Bei der Arbeit in den Teilgruppen aber auch bei der anschließenden Präsentation der Ergebnisse von den Schülern wird versucht, den Wunsch nach sozialer Eingebundenheit gerade in Bezug auf Peer-Groups zu erfüllen. Die einzelnen Schülerteams arbeiten an Teilaspekten des Gesamtproblems, welches nur gemeinsam gelöst werden kann.

Zum anderen versucht das UniLab, die in Kapitel 3.7 auf Seite 53 erwähnten Merkmale einer interessenfördernden Lernumgebung zu erfüllen: Über die Wahl eines Kontexts, der explizit mit Lebenssituationen im Verbindung gebracht werden kann, wird eine hohe Realitätsnähe gewährleistet. Die angebotenen Unterrichtseinheiten bieten zudem einen didaktischen Spannungsbogen, der durch gezielt eingestreute Instruktions- und Handlungsphasen aufgewertet wird und hohe Instruktionsqualität aufweist. Zwar wird der informelle Charakter zu gunsten strukturierter Lernformen beschnitten, dies erscheint vor dem Hintergrund der oben erwähnten Schwierigkeiten einer informellen Lernumgebung jedoch sinnvoll. Die Schüler werden immer direkt in die Lernerfahrung eingebunden und stehen auch bei den Experimenten im Mittelpunkt. Darüber soll Engagement und Enthusiasmus geweckt werden. Die Betreuer der Gruppenarbeiten greifen bei Schwierigkeiten helfend ein und geben Feedbacks, die kompetenzunterstützend wirken.

Die neue Umgebung will darüberhinaus einen Beitrag leisten, den Zwang der Schule vergessen zu machen, obgleich das UniLab im Klassenverband besucht wird. Der Lehrer spielt während des Besuchs nur eine passive Rolle, die Leitung der Module übernehmen entweder wissenschaftliche oder studentische Mitarbeiter. Dadurch wird versucht, einen negativen vorurteilsbehafteten Umgang mit den Lehrpersonen zu vermeiden. Da die Lehrpersonen im UniLab keine Leistungsbeurteilung durchführen, ist eine mit einer Benotung einhergehende Demotivierung nicht zu erwarten.

Das UniLab erfüllt demnach auch weitgehend Richtlinien, die von Price und Hein (1991) nach einer Untersuchung von Lernprogrammen für Schüler an außerschulischen Einrichtungen gefunden wurden:

- Programme sollten gut geplant und strukturiert sein, wobei das Personal des außerschulischen Lernorts flexibel auf Interessen und Fragen der Schüler reagieren sollte.
- Programme sollten Ressourcen nutzen, die der Schule nicht zur Verfügung stehen.
- Programme sollten eine große Bandbreite an Aktivitäten bereitstellen, die sich mit Phasen der Rezipierung abwechseln.

- Programme sollten nur sparsam mit Arbeitsblättern umgehen, da sie oftmals die Lernerfahrung behindern.
- Programme sollten Erfahrungen aus erster Hand und die Möglichkeit der Beobachtung anbieten, die erst danach von Konzepten und Vokabular erweitert werden.
- Personal sollte Diskussionen leiten und nicht auf richtige Antworten beharren.

6.2 Optik-Module

An dieser Stelle soll ein Überblick über die in dieser Untersuchung verwendeten Module gegeben werden. Experimente, die ihren Ursprung in dem in Kapitel 4 beschriebenen Optikcurriculum haben, werden nicht näher ausgeführt.

6.2.1 Modul 1: Licht und Schatten

Das erste Modul beschäftigt sich mit dem scheinbar einfachen Phänomen des Schattens. In der ersten Phase des Moduls machen die Schüler intensive Erfahrungen mit der Leistungsfähigkeit ihrer Sinne. Der vollkommen verdunkelte Raum zwingt sie dazu, auf den Sehsinn zu verzichten und sich auf ihre anderen Sinne zu konzentrieren. Über die schwache Beleuchtung einer vorbereiteten Szenerie erkennen sie, dass Licht nicht alleine zum Sehen ausreicht, sondern dass Kontraste, wie sie die Schatten liefern, nötig sind, um dreidimensionale Strukturen erkennen zu können.

Weitere Betrachtungen von Schatten führen zur zweiten Phase des Moduls. Die Schüler werden sich über die Verwendung des "Prinzip Ameise" (siehe Seite 61 in Kapitel 4.1) bewusst, dass die Helligkeit des Schattens damit zusammenhängt, wie viel Licht am Ort der Bildentstehung von der Lichtquelle aus zu erkennen ist. Dazu führen Schülergruppen unterschiedliche Experimente durch, um überraschenden Schattenercheinungen auf den Grund zu gehen. Ihnen steht dabei eine Digitalkamera zur Verfügung, mit der sie Fotos aus der abgelösten und der eingebundenen Perspektive erstellen können. Diese Fotos werden bei der Präsentation ihrer Ergebnisse verwendet, um ihren Mitschülern die genauen Sachverhalte für das Auftreten dieser Schatten zu erklären.

Die dritte Phase beschäftigt sich schließlich mit dem Zusammenhang von Schatten und Lampenform. Insbesondere wird erkannt, dass bei einer bestimmten Größe nicht die Form des Schattengebers, sondern die Lampenform

die Schattenform bestimmt. Bei der Identifizierung von beleuchteten Objekten als "Lichtquellen" wird der Zusammenhang zur Lochkamera als Schattenbild deutlich. Der UniLab-Raum wird dazu wieder komplett verdunkelt. Ein sich in der Jalousie befindliches Loch lässt Licht von außen herein. Bereits kurz nach der Gewöhnung der Augen an die Dunkelheit werden Strukturen an der Decke und an den Wänden deutlich, die von Lichtquellen außerhalb des Raumes stammen. Zur Verdeutlichung wird ein mattierter Schirm vor die Öffnung gehalten und das Lochkamerabild aufgefangen.

Zusätzlich haben jüngere Schüler, wie z. B. Schüler der in der vorliegenden Studie untersuchten 5. Klassen, die Möglichkeit, eine eigene Lochkamera mit Schuhkartons anzufertigen, die zum Ende mit einer Linse noch verbessert wird.

Die Einbindung

Für die 8. Klassen mit der Einbindung in den Schulunterricht bieten sich viele Möglichkeiten, die im Modul kennengelernten Prinzipien und Inhalte zu vertiefen. So befassen sie sich einige Schulstunden lang mit dem Mondschatten und seinen Gesetzmäßigkeiten, insbesondere mit dem Phänomen der Sonnen- bzw. Mondfinsternis. Dies stößt eine Beschäftigung mit Halb- und Kernschatten an und greift damit auf die bereits im UniLab erlernten Konzepte zurück. Optische Täuschungen geben Anlass zur kritischen Betrachtung von Gemälden und Fotos auf ihre Realitätsnähe. Die Methode des "Prinzips Ameise" wird weiter geübt, indem weitere Schattenexperimente durchgeführt werden (z. B. der "weiße Schatten"). Außerdem werden die Gesetzmäßigkeiten der Lochkamera weiter behandelt, woran auch der Bau einer Lochkamera anschließt.

6.2.2 Modul 2: Spiegelwelt

Das zweite Modul befasst sich eingehend mit Spiegeln. Der erste Abschnitt beginnt mit dem so genannten "Doppelschattenexperiment" von Seite 63, welches die Brücke schlägt von den Schattenbetrachtungen zum Spiegel. Ein Gruppenexperiment zum "Schattensammeln" (Seite 67) lässt die Schüler eigenständig mit den verschiedenen Schatten einer vor einem Spiegel aufgestellten Kerze und einem Schattengeber experimentieren. Dabei lernen sie, den Objekten "im" Spiegel eine wirkliche Bedeutung zuzugestehen und die auftretenden Schatten entsprechend zu erklären. Das "Prinzip Ameise" ist auch bei diesem Experiment von besonderer Bedeutung. Jede Gruppe zeichnet "ihre" Schatten auf einen unter dem Spiegel liegenden Karton ein und stellt sie anschließend ihren Mitschülern vor. Dass es dabei zu unterschiedlichen

Lösungen und Lösungswegen kommt, ist erwünscht. Die Diskussion führt die Existenz einer "Spiegelwelt" ein, die dabei auftretenden Gesetzmäßigkeiten werden erkannt und für die Erklärung des Doppelschattenexperiments verwendet.

Im Mittelpunkt des zweiten Abschnittes steht die Auseinandersetzung mit dem zweiten Spiegelgesetz, der scheinbaren Vertauschung der Richtungen in der Spiegelwelt (mehr dazu auf Seite 67). Dies geschieht über ein Schülerexperiment, in dem ein Schüler oder eine Schülerin die Aufgabe bekommt, eine vor ihm oder ihr liegende "Rennbahn" mit einem Stift zu verfolgen. Dabei kann er bzw. sie die Rennbahn nur über einen Spiegel sehen. Die Bemühungen, sich auf der spiegelbildlichen Rennbahn zurechzufinden, werden den Mitschülern in Echtzeit über die Bilder einer Videokamera gezeigt. Ein ähnlicher Aufbau mit einem 90° -Winkelspiegel zeigt, dass zwischen beiden Spiegelarten prinzipielle Unterschiede bestehen. Es wird deutlich, dass ein einzelner Spiegel die Richtungen nicht vertauscht, während der Winkelspiegel gerade dies bewerkstelligt. Dies wird durch einen $50\text{cm} \times 50\text{cm}$ großen Winkelspiegel noch weiter verdeutlicht, in dem sich überraschenderweise alle Schüler im Stoßpunkt beider Spiegelplatten sehen.

Eine Gruppenarbeit versucht, die Gesetzmäßigkeiten des Winkelspiegels herausfinden zu lassen, mit dem Ziel, dass die Schüler dieses Phänomen selbstständig erklären zu können. Dies geschieht mit Hilfe zweier an einer Seite verbundener Plexiglasscheiben und einigen Teelichten. Die Schüler bekommen die Aufgabe, eine bestimmte Zahl von Reflexionen der vor den Scheiben aufgestellten Teelichte zu erzeugen (3, 5 oder 7). Dies kann über die Wahl eines gewissen eingeschlossenen Winkels (in diesem Fall 90° , 60° und 45°) der beiden Plexiglasscheiben erreicht werden. Die Aufgabe der Schüler ist nun, selbstständig die Gesetzmäßigkeiten für das Auftreten der Spiegelbilder auf den ganz bestimmten Positionen zu erklären. Die Positionen der Plexiglasscheiben, des Teelichts und der Spiegelbilder werden auf einen großen Karton eingezeichnet, der anschließend in der Ergebnispräsentation genutzt wird. Auch hier haben die Schüler verschiedene Möglichkeiten der Lösungsfindung. Zum einen kann auf das erste Spiegelgesetz zurückgegriffen werden und der Tatsache, dass sich in der einen Plexiglasscheibe das Spiegelbild der anderen befindet und dies somit zu Mehrfachreflexionen führt. Zum anderen können auch Symmetriebetrachtungen angestellt werden, die das Auftreten von geometrischen Mustern erklären.

Die Diskussion versucht dann, das im Vergleich zum normalen Spiegel umgekehrte Spiegelbild in einem Winkelspiegel zu erklären. Abschließend wird der große Winkelspiegel in Drehung versetzt, was seinerseits für die Überraschung sorgt, dass sich Positionen des Spiegels einstellen lassen, in dem man sich auf dem Kopf stehend sehen kann.

Die Schüler der 5. Klassen können das Gelernte in eine Bastelarbeit umsetzen, bei der sie die Möglichkeit bekommen, ein eigenes Kaleidoskop zu bauen.

Die Einbindung

Da sich das Modul 2 vor allem im ersten Teil auf Erkenntnisse des ersten Moduls stützt, erfahren die Schüler mit Einbindung während ihres Unterrichts vor dem zweiten Modul automatisch auch eine Vorbereitung. Die Nachbereitung wird erreicht durch die weitere Beschäftigung mit der Spiegelwelt, wie z. B. gebogenen Spiegeln, dem Messen in der Spiegelwelt, der Festigung der Spiegelgesetze und Anwendungen der Spiegelgesetze, wie z. B. dem Tripelspiegel.

6.2.3 Modul 3: Farben

Das dritte Modul, welches spät im Halbjahr durchgeführt wurde, befasst sich mit Farberscheinungen und ihren Gesetzmäßigkeiten.

Wie auch bei den anderen Modulen beginnt dieses Modul mit der Abdunklung des Raumes. Eine Auswahl verschiedenfarbiger Buntstifte wird nacheinander von einer roten, blauen und grünen Lampe beleuchtet und die Schüler werden aufgefordert, die Stifte nach ihren Farben zu sortieren. Das Sortieren bei rotem Licht ergibt jedoch andere Resultate als bei blauem Licht, so dass eine andere Lösung gefunden werden muss. Erst durch das Beleuchten der Stifte mit allen drei Lampen erreicht man es, die Stifte korrekt zu sortieren. Dabei fällt auf, dass kein Unterschied zur Deckenbeleuchtung vorliegt, so dass die Schüler vorschlagen, dass weißes Licht am besten geeignet für die Sortierung ist. Sie äußern zudem die Vermutung, dass weißes Licht aus farbigem "besteht".

Der erste Teil des Moduls beschäftigt sich mit der Erzeugung von farbigem Licht. Bei einer Gruppenarbeit werden verschiedene Experimente genutzt, dies zu erreichen. Einer Gruppe steht eine große mit Wasser gefüllte schwarze Mörtelwanne und eine schwarz-weiß-karierte Kachel zur Verfügung. Versenkt man die Kachel im Wasser, so sind an den Rändern des schwarzen bzw. weißen Musters Farbsäume zu beobachten (siehe Kapitel 4, Abschnitt 4.1.3). Eine andere Gruppe nutzt dazu ein Aquarium, eine Stablampe und ein Spiegel. Bei geeigneter Ausrichtung gelingt es, im Spiegel das farbige Spektrum der darübergehaltenen Stablampe zu erkennen. Eine dritte Gruppe nutzt ein zu einem Prisma geformtes und mit Wasser gefülltes Plexiglasgefäß, um bei geeigneter Ansicht ebenfalls die Spektralfarben einer Stablampe zu beobachten. Während sich die vierte Gruppe mit einfachen Glasprismen ihre Umwelt

ansieht und dabei Gesetzmäßigkeiten erkennt, steht der fünften Gruppe ein klassisches Experiment zu Erzeugung des Spektrums einer Lampe mit Hilfe eines Spalts, einiger Linsen und eines Prismas zur Verfügung.

Die Erkenntnisse aller Gruppen werden in ihrer Präsentation zusammengeführt. Das Ziel dabei ist das Erkennen der Besonderheiten eines Prismas. Die Schülerexperimente zeigen dabei in aufsteigender Komplexität immer mehr Charakteristiken dieses optischen Instruments. So ist ein anderes Medium erforderlich (Wasser oder Glas), bestimmte Winkel müssen beachtet werden, bei Einsicht in ein Prisma verschiebt sich das Bild, Farbsäume bilden sich aus und ganz bestimmte Farben sind zu erkennen. Bei der Durchsicht eines Prismas auf Kontrastvorlagen nach Goethe mit einfachen schwarz-weißen Figuren lassen sich zum Teil überraschende Farberscheinungen beobachten (Abbildung 6.1).

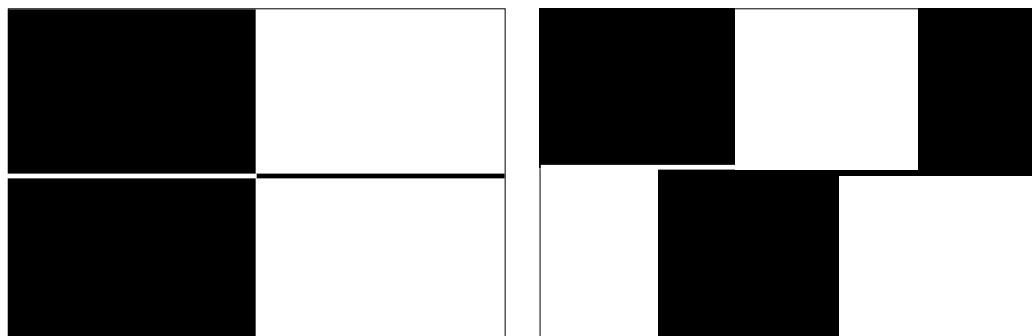


Abbildung 6.1: Zu den Goetheschen Farbsäumen.

Im zweiten Teil liegt der Fokus auf der Farbmischung. In Gruppenarbeit werden mehrere Experimente durchgeführt, die Aspekte der additiven Farbmischung und der subtraktiven Farbmischung beleuchten. Auch hier wird teilweise auf das "Prinzip Ameise" zurückgegriffen. So wird in einem Experiment eine weiße Wand mit einem blauen, einem roten und einem grünen Spot beleuchtet. Der Farbeindruck dabei ist weiß. Wird ein Schattengeber zwischen Projektionsfläche und Lampen eingeführt, sind je nach Konfiguration gelbe, magenta- oder cyanfarbende Schatten zu erkennen. Begeben sich die Schüler an den Ort der Bildentstehung, so fällt ihnen auf, dass von diesen farbigen Schattenbereichen aus jeweils immer eine Lampe verdeckt wird. Die Farbe dieses Bereiches wird später mit der Komplementärfarbe der Farbe der verdeckten Lampe identifiziert. Diese Bereiche lassen sich weiter überlagern, so dass man anhand des Beispiels der additiven Farbmischung von Licht einen Bezug zur subtraktiven Farbmischung erreichen kann.

Weitere Versuche bestehen aus roten, grünen und blauen Kreisscheiben, die paarweise zusammengesteckt und anschließend in Rotation gebracht werden können. Die jeweiligen Mischfarben sind dann zu erkennen. Außerdem ist es in einem anderen Versuch möglich, rote, blaue und grüne Spots mit Dimmer zur Mischung zu bringen.

Die subtraktive Farbmischung wird zum einen durch farbige Folien nachgestellt, die auf einer leuchtenden Fläche aufeinandergeklebt werden. Dabei stehen den Schülern neben den Farben Rot, Grün und Blau auch Cyan, Gelb und Magenta zur Verfügung. Gesetzmäßigkeiten werden gesucht und Grundfarben, die es erlauben, mit möglichst wenigen Folien möglichst viele Mischfarben herzustellen. Zum anderen komplettiert eine Station mit der Möglichkeit der Mischung von Tuschefarben die Gruppenphase.

Die Ergebnisse der verschiedenen Gruppen werden in der Art zusammengetragen, dass die Grundfarben der additiven und subtraktiven Farbmischung erkannt werden. Die jeweiligen Mischfarben wiederum erzeugen jeweils die Grundfarben der anderen Mischmethode, so dass mit diesen Erkenntnissen Farbkreise entwickelt werden können, womit das dritte Modul abschließt. Zusätzlich wird den Schülern der 5. Klasse eine weitere Gelegenheit geboten, eine an die gelernten Inhalte angelehnte Bastelarbeit anzufertigen. Diesmal handelt es sich um eine aus einer dreifarbigem Diode bestehenden Farbwechsellampe, die mitsamt Batteriefach und pyramidenförmiger Abdeckung aus trüben Plastik eigenständig angefertigt wird.

Die Einbindung

Der Gruppe mit Einbindung kommt zum einen die Beschäftigung mit der optischen Hebung zu gute, die Hinweise dafür geben kann, warum Prismen das Bild bei der Durchsicht verschieben und warum die Kachel zusätzlich zum Auftreten der farbigen Säume angehoben erscheint. Desweiteren ist auch in diesem Modul die Kenntnis des "Prinzips Ameise" von Bedeutung, das nur diese Gruppe eingehend im Unterricht behandelt hat. Zusätzlich werden im Anschluss an das Modul im Unterricht die Gesetzmäßigkeiten der Farbmischung wiederholt und gefestigt.

Teil III

Ergebnisse und Diskussion

Kapitel 7

Ergebnisse der 5. Klassen

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Teilstudie vorgestellt, die sich mit dem Einfluss von mehrfachen Schülerlaborbesuchen auf das Interesse von Schülern der 5. Klasse befasst und daher auf die Beantwortung der Forschungsfragen 1 und 2 abzielt. Die Untersuchung der zeitlichen Entwicklung des aktuellen Interesses steht im Zentrum dieses Kapitels und soll daher auch an den Beginn gestellt werden. Es folgt ein kurzer Abschnitt zu den Ergebnissen der Vor- und Nachtests zum individuellen Interesse. Detaillierte Analysen der Messwerte, insbesondere die Fragen, ob die Entwicklung des aktuellen Interesses von dem individuellen Interesse vor dem Besuch beeinflusst wird und ob Geschlechterunterschiede vorliegen, werden im Anschluss dargestellt.

7.1 Aktuelles Interesse

7.1.1 Emotionale Komponente

Zu jedem der in Kapitel 5.4 auf Seite 93 dargestellten Zeitpunkte wurden Messwerte für die emotionale Komponente des aktuellen Interesses aufgenommen. Die Mittelwerte und die dazugehörigen Standardabweichungen sind in Tabelle 7.1 dargestellt. Der Vergleich jeweils zweier aufeinanderfolgender Messzeitpunkte mit Hilfe eines t-Tests liefert die Werte in Tabelle 7.2.

Für die überwiegende Zahl der t-Tests finden sich signifikante Änderungen mit meist mittleren Effektstärken. In Abbildung 7.1 sind die Werte für die emotionale Komponente gegen die Messzeitpunkte aufgetragen. Die Ordinate deckt den vollständigen Wertebereich von 1 (geringes Interesse) bis 4 (hohes Interesse) ab. Außerdem weist die Abszisse keine lineare Skalierung auf. Beispielsweise lagen zwischen den Zeitpunkten 0 und 1 mehrere Wochen, zwischen den Messzeitpunkten 2 und 3 dagegen nur wenige Tage.

Messzeit- punkt	Mittelwert	Standardab- weichung
0	3.66	0.37
1	3.56	0.47
2	3.57	0.47
3	3.33	0.65
4	3.58	0.55
5	3.37	0.69

Tabelle 7.1: Die Messwerte zur emotionalen Komponente des aktuellen Interesses bei Schülern der 5. Jahrgangsstufe auf einer Skala von 1 (geringes Interesse) bis 4 (hohes Interesse).

Paar	Δ	SD	t	p	d
0 \rightarrow 1	0.10	0.33	2.14	.038	0.24
1 \rightarrow 2	-0.01	0.31	-0.24	.811	n.s.
2 \rightarrow 3	0.24	0.53	3.11	.003	0.43
3 \rightarrow 4	-0.25	0.51	-3.35	.002	0.42
4 \rightarrow 5	0.21	0.53	2.64	.011	0.33

Tabelle 7.2: t-Tests bei gepaarten Stichproben zwischen den Messzeitpunkten der emotionalen Komponente ($df = 45$). Δ : Differenz der Mittelwerte, SD : Standardabweichung der Differenz, t : Prüfgröße des t-Tests, p : Signifikanzniveau, d : Effektstärke.

Es ist zu erkennen, dass der Verlauf der emotionalen Komponente weitestgehend einer alternierenden Charakteristik folgt. So fielen die Werte in einem Abstand von einigen Wochen zum vorhergehenden Modulbesuch signifikant ab (0 \rightarrow 1, 2 \rightarrow 3, 4 \rightarrow 5), um dann jedoch wieder annähernd auf das Ursprungsniveau anzusteigen (1 \rightarrow 2, 3 \rightarrow 4 (hier sogar signifikant)). Ein Vergleich der Messwerte zu den Zeitpunkten 1 und 5 lässt Aussagen über die mittelfristige Interessenentwicklung zu. Ein t-Test ergibt zwischen diesen Punkten einen signifikanten Abfall ($t(45) = 2.55$, $SD = 0.51$, $p = .014$, $d = 0.34$).

Eine zusätzlich durchgeführte univariate Varianzanalyse mit Messwiederholung bestätigt mit großer Effektstärke, dass sich die Werte über die Messzeitpunkte hinweg unterscheiden ($F(5, 45) = 6.92$, $p = .000$, $f = 0.39$).

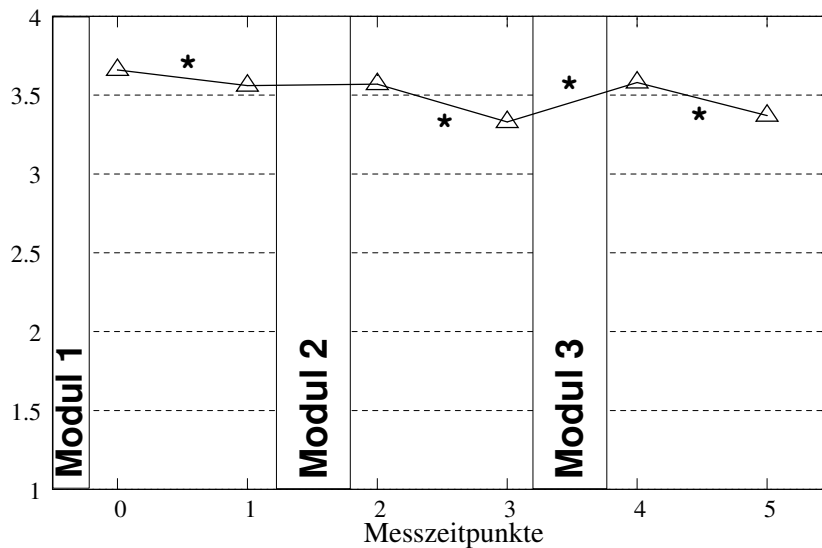


Abbildung 7.1: Visualisierung der Messdaten aus den Tabellen 7.1 und 7.2 zum Verlauf der emotionalen Komponente des aktuellen Interesses von Schülern der 5. Klasse. Die Ordinate deckt den vollständige Wertebereich der emotionalen Komponente ab. * markiert signifikante Änderungen. Zur besseren Übersichtlichkeit wurden die Messwerte verbunden.

7.1.2 Wertbezogene Komponente

In den Tabellen 7.3 bzw. 7.4 finden sich die Mittelwerte, die dazugehörigen Standardabweichungen und die Auswertungen der t-Tests für die Vergleiche der Werte zu den jeweiligen Messzeitpunkten der wertbezogenen Komponente des aktuellen Interesses.

Messzeitpunkt	Mittelwert	Standardabweichung
0	3,58	0,51
1	3,33	0,62
2	3,45	0,54
3	3,12	0,68
4	3,31	0,67
5	3,07	0,78

Tabelle 7.3: Die Messwerte zur wertbezogenen Komponente des aktuellen Interesses bei Schülern der 5. Jahrgangsstufe.

Paar	Δ	SD	t	p	d
0 \rightarrow 1	0.25	0.55	3.01	.004	0.43
1 \rightarrow 2	-0.12	0.42	-1.86	.070	n.s.
2 \rightarrow 3	0.33	0.52	4.34	.000	0.54
3 \rightarrow 4	-0.20	0.59	-2.26	.028	0.29
4 \rightarrow 5	0.24	0.64	2.55	.014	0.33

Tabelle 7.4: t-Tests bei gepaarten Stichproben zwischen den Messzeitpunkten der wertbezogenen Komponente ($df = 45$).

Die Auftragung der Messergebnisse in Abbildung 7.2 liefert einen zur emotionalen Komponente ähnlichen Verlauf. Auch hier ist ein alternierendes Verhalten der Messwerte offenkundig. Einige Wochen nach einem Schülerlaborbesuch fanden sich die Messwerte auf einem signifikant niedrigeren Niveau als vor dem jeweiligen Besuch wieder (Messzeitpunkte 1, 3 und 5). Direkt nach dem Modulbesuch stiegen die Werte zwar erneut an (bei 4 sogar signifikant), sie erreichten jedoch nicht mehr den Ausgangswert. Ein Vergleich mit der emotionalen Komponente deutet auf eine stärker abfallende Tendenz der wertbezogenen Komponente hin. Mittelfristig ergibt sich über den Vergleich der Messzeitpunkte 1 und 5 ein signifikanter Abfall ($t(45) = 2.69$, $SD = 0.66$, $p = .010$, $d = 0.37$). Darüberhinaus zeigt sich über die Berechnung von t-Tests, dass die Werte der wertbezogenen Komponente bis auf die Zeitpunkte 0 und 2 durchweg signifikant unter den Werten der emotionalen Komponente liegen (Tabelle 7.5).

Messzeitpunkt	Δ	SD	t	p	d
0	0.08	0.43	1.31	.196	n.s.
1	0.23	0.50	3.08	.004	0.42
2	0.12	0.51	1.61	.115	n.s.
3	0.21	0.51	2.82	.007	0.32
4	0.26	0.57	3.15	.003	0.44
5	0.30	0.58	3.47	.001	0.41

Tabelle 7.5: t-Tests zwischen den Werten der emotionalen und wertbezogenen Komponente zu den einzelnen Messzeitpunkten ($df = 45$).

Die auch für die Messwerte dieser Komponente durchgeführte univariate Varianzanalyse spiegelt wider, dass sich die Messwerte im Interventionszeit-

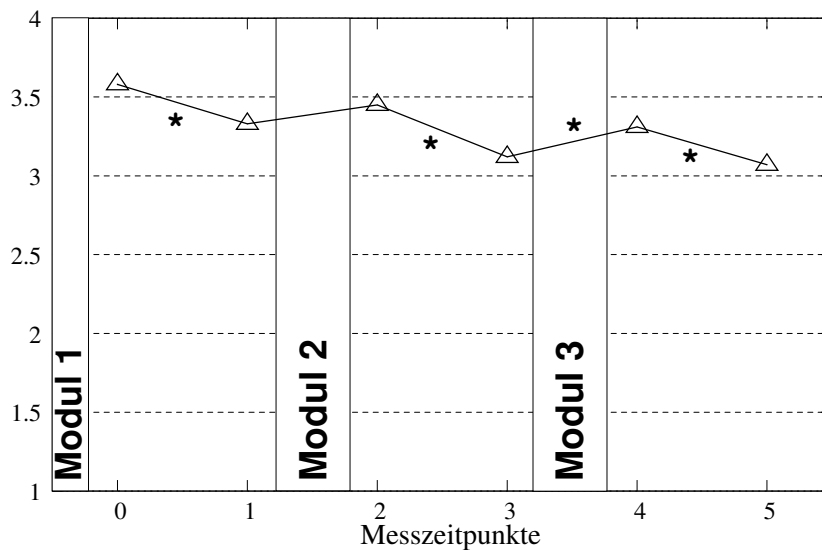


Abbildung 7.2: Visualisierung der Messdaten aus den Tabellen 7.3 und 7.4 zum Verlauf der wertbezogenen Komponente des aktuellen Interesses.

raum signifikant und mit großer Effektstärke unterscheiden ($F(5, 45) = 9.26$, $p = .000$, $f = 0.45$).

7.1.3 Epistemische Komponente

Die Daten zur epistemischen Komponente des aktuellen Interesses sind in den Tabellen 7.6 und 7.7 zu finden. Die Auftragung (Abbildung 7.3) lässt auch hier einen zu den anderen Komponenten ähnlichen Verlauf erkennen. Die Interessenwerte fielen zu den Messpunkten 1, 3 und 5 ab (das Abfallen zu 1 und 3 ist signifikant) und stiegen zu 2 und 4 wieder an (dabei ist das Ansteigen zu Messpunkt 2 signifikant). Daneben offenbarte sich ein hoher Ausgangswert zum Zeitpunkt 0 direkt nach Modul 1. Im weiteren Verlauf alterniert die Kurve um einen konstanten Wert, d. h. auf ein Abfallen folgte ein Ansteigen auf das vorherige Niveau. Ein Vergleich der Zeitpunkte 1 und 5 zeigt entsprechend einen nahezu konstanten nicht-signifikanten Verlauf. Darüberhinaus lässt sich beobachten, dass die Messwerte zur epistemischen Komponente zu allen Messzeitpunkten signifikant niedriger waren als die der emotionalen und der wertbezogenen (Tabelle 7.8).

Die univariate Varianzanalyse mit Messwiederholung deutet auch hier auf eine signifikante Änderung der Messwerte mit großer Effektstärke über den Interventionzeitraum hin ($F(5, 45) = 8.23$, $p = .000$, $f = 0.43$).

Messzeit- punkt	Mittelwert	Standardab- weichung
0	3,25	0,56
1	2,80	0,70
2	2,93	0,66
3	2,68	0,76
4	2,88	0,79
5	2,74	0,79

Tabelle 7.6: Die Messwerte zur epistemischen Komponente des aktuellen Interesses bei Schülern der 5. Jahrgangsstufe.

Paar	Δ	SD	t	p	d
0 \rightarrow 1	0.45	0.70	4.34	.000	0.70
1 \rightarrow 2	-0.13	0.58	-1.58	.122	n.s.
2 \rightarrow 3	0.25	0.61	2.28	.008	0.35
3 \rightarrow 4	-0.20	0.55	-2.46	.018	0.26
4 \rightarrow 5	0.14	0.61	1.56	.127	n.s.

Tabelle 7.7: t-Tests bei gepaarten Stichproben zwischen den Messzeitpunkten der epistemischen Komponente ($df = 45$).

7.2 Diskussion der Ergebnisse zum aktuellen Interesse

7.2.1 Emotionale Komponente

Zu Beginn sollte festgehalten werden, dass die Werte der emotionalen Komponente des aktuellen Interesses sehr hohes Niveau aufweisen. Die Schüler hatten sehr großen Spaß an den Besuchen des UniLabs. Etwaige Deckeneffekte können daher nicht ausgeschlossen werden. So stiegen die Werte beim Übergang von Messpunkt 1 auf 2 nicht an, was auf einen solchen Deckeneffekt zurückgeführt werden könnte.

Andererseits kann der geringe Unterschied zwischen den Messwerten an den Zeitpunkten 1 und 2 aber auch im Thema des Moduls 2 begründet sein, welches von den Schülern nicht ähnlich positiv wie die anderen zwei Module angenommen wurde. Als Indiz für diese Annahme mag gelten, dass bei diesem Übergang auch für die anderen Komponenten keine signifikante Änderungen zu erkennen sind.

Messzeitpunkt	Δ	SD	t	p	d
Vergleich zur emotionalen Komponente					
0	0.42	0.47	5.94	.000	0.86
1	0.76	0.59	8.75	.000	1.27
2	0.64	0.70	6.19	.000	1.12
3	0.64	0.66	6.64	.000	0.92
4	0.69	0.77	6.15	.000	1.03
5	0.63	0.76	5.59	.000	0.85
Vergleich zur wertbezogenen Komponente					
0	0.33	0.34	6.56	.000	0.62
1	0.53	0.59	6.17	.000	0.80
2	0.51	0.51	6.80	.000	0.86
3	0.43	0.55	5.32	.000	0.61
4	0.43	0.50	5.76	.000	0.59
5	0.33	0.65	3.44	.001	0.42

Tabelle 7.8: t-Tests zwischen den Werten der emotionalen bzw. wertbezogenen Komponente und der epistemischen Komponente zu den einzelnen Messzeitpunkten ($df = 45$).

Wenn man von diesem Problem absieht ist auffällig, dass die Messdaten während der Intervention einen sehr charakteristischen Verlauf aufweisen. Auf ein Abfallen der emotionalen Komponente in der einige Wochen dauernden interventionsfreien Zeit zwischen den Modulen folgte ein abruptes Ansteigen im Anschluss an das folgende Modul. Der Besuch des Schülerlabors vermochte es demnach, die abfallende emotionale Komponente wieder annähernd auf das Eingangsniveau zu heben. Allerdings kann das durch einen Besuch geweckte Interesse in den folgenden Wochen nicht stabilisiert werden. Ein neuerlicher Besuch wirkt zwar als "Auffrischer", der erneut positive Gefühle induzieren kann, ein mittel- oder gar langfristiger Effekt ist nicht zu erkennen.

Das leichte Absinken zwischen den Messzeitpunkten 1 und 5 könnte auf einen "Gewöhnungseffekt" zurückgeführt werden. Die Schüler kennen die Umgebung, die Betreuer und die grundsätzliche Vorgehensweise beim Besuch. Dies führt zu einer Reduzierung der geographischen und psychologischen Faktoren des im Kapitel 2.3.1 auf Seite 20f. eingeführten Konzepts des "Novelty Space" im Laufe der drei Besuche. Im Gegensatz zu den positiven Effek-

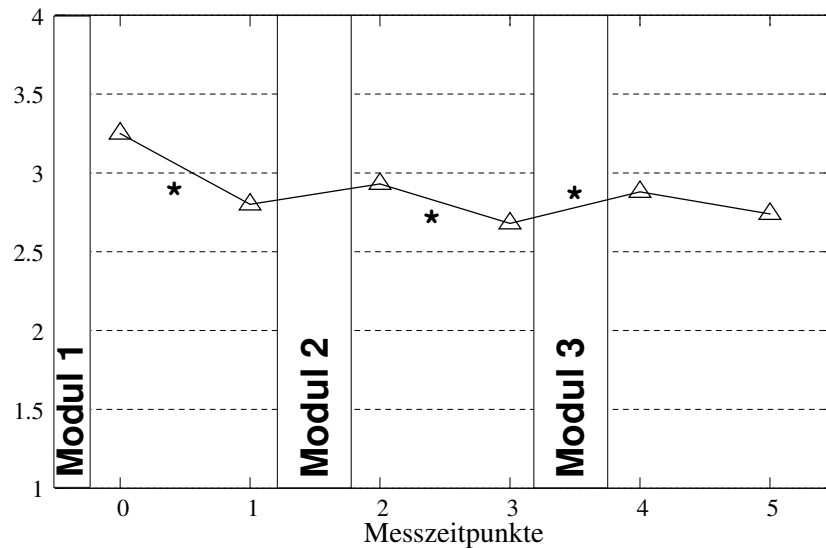


Abbildung 7.3: Visualisierung der Messdaten aus den Tabellen 7.6 und 7.7 zum Verlauf der epistemischen Komponente des aktuellen Interesses.

ten auf kognitive Lernziele bei einer Verringerung des "Novelty Space" von Schülern, würde eine Reduzierung demnach einen negativen Einfluss auf die Interessenentwicklung haben, der sich in einem mittelfristig stetigen Absinken ausdrückt.

Der kurzfristige Charakter der Werte der emotionalen Komponente bestätigt die Ergebnisse aus Engeln (2004). Wie in Abschnitt 2.3.2 beschrieben, fiel auch in jener Studie die emotionalen Komponente mit mehrwöchigem Abstand zum Besuch eines Schülerlabors ab. Offenbar ist dieses Verhalten unabhängig von der Altersklasse, da es sich bei den Daten der vorliegenden Untersuchung um Werte von Schülern der 5. Jahrgangsstufe handelt, während die Probanden aus Engeln (2004) aus der 9. und 10. Klasse rekrutiert wurden. Leider sind in Engeln (2004) keine diesbezüglichen Effektstärken angegeben, so dass der Vergleich nur auf qualitativer Ebene geschehen kann. Dieser lässt erkennen, dass das Niveau der emotionalen Komponente bei den Schülern der 5. Klasse weitaus höher liegt. In der von Engeln (2004) genutzten Skalierung von 0 bis 1 erreichten die Schüler der 9. bzw. 10. Klassen einen Wert von 0.73 (bzw. 0.69 im Nachtest), die Schüler der 5. Klassen hingegen einen Mittelwert von 0.87 (bzw. 0.81 in einem mehrwöchigen Abstand zum jeweiligen Modulbesuch). Dies gibt einen Hinweis darauf, dass jüngere Schüler eine größere emotionale Bindung zu den Besuchen aufweisen als ältere. Kapitel 9 wird auf einen Vergleich mit in dieser Untersuchung ebenfalls berücksichtigten Schülern der 8. Jahrgangsstufe näher eingehen.

7.2.2 Wertbezogene Komponente

Der Verlauf der wertbezogenen Komponente ist mit dem der emotionalen weitestgehend identisch. Auch hier ergibt sich im Übergang von Zeitpunkt 1 auf 2 keine Signifikanz, was im Hinblick auf die signifikanten Änderungen zu allen anderen Messwerten überraschend erscheint. Von einem Deckeneffekt ist nicht auszugehen, daher scheint die Vermutung, dass sich Modul 2 bei den Schülern nicht der gleichen Beliebtheit wie die anderen Module erfreut, weiterhin einleuchtend.

Ähnlich zu der emotionalen Komponente zeigte sich ebenfalls ein charakteristisches Ansteigen und Abfallen der Messwerte. Die Schüler räumten den Schülerlaborbesuchen direkt im Anschluss einen größeren Wert ein als wenige Wochen später. Desweiteren fällt die wertbezogene Komponente im Interventionszeitraum stärker als die emotionale Komponente. Je öfter sie das Schülerlabor besuchen, desto weniger scheinen die Schüler diesen Besuchen eine persönliche Bedeutung zuzuordnen. Den darauffolgenden Modulen gelingt es zwar immer wieder, diesen Abfall aufzuhalten und für ein kurzfristiges Ansteigen zu sorgen, das Ausgangsniveau wird jedoch nicht wieder erreicht. Offensichtlich scheint hier ebenfalls die Reduzierung der geographischen und psychologischen Faktoren des "Novelty Space" auf einen negativen mittelfristigen Einfluss ("Gewöhnungseffekt") auf die Interessenentwicklung hinauszulaufen, der sich, sehr viel stärker als bei der emotionalen Komponente, auch bei der wertbezogenen in einem stetigen Abfall der Werte ausdrückt. Es stellt sich die Frage, ob dies ein "systemimmanentes" Problem ist, ob also der mehrmalige Besuch eines außerschulischen Lernortes immer unvermeidbar einen derartigen Gewöhnungseffekt hervorruft oder ob es durch besondere Maßnahmen trotzdem gelingen kann, dieses Absinken zu vermeiden. Die in Kapitel 8 präsentierten Ergebnisse geben einen Hinweis darauf, dass dieser Abfall beispielsweise durch eine Einbindung der Besuche in das Schulcurriculum abgewendet werden kann.

Außerdem liegen die Werte fast durchweg niedriger als die der emotionalen Komponente. Scheinbar haben die Schüler viel größeren Spaß an den Besuchen, als dass sie ihnen persönliche Bedeutung zuordnen. Zum einen weist dieses Ergebnis darauf hin, dass beide Komponenten tatsächlich verschiedene Aspekte messen. Zum anderen macht es deutlich, dass die Besuche sehr viel eher imstande sind, emotional positiv auf die Schüler zu wirken, als dass es ihnen gelingt, eine herausgehobene Bedeutung zu induzieren. Dennoch sollte nicht aus den Augen verloren werden, dass auch die Werte der wertbezogenen Komponente sehr hohes Niveau aufweisen.

Ein Vergleich mit den Ergebnissen aus Engeln (2004) zeigt Diskrepanzen auf: In jener Arbeit wurde beobachtet, dass die wertbezogene Komponente

bei den beteiligten Probanden mittelfristig signifikant anstieg. Vermutlich ist dieser Effekt auf eine andere Herangehensweise der untersuchten Schülerlabore verglichen mit dem in dieser Untersuchung genutzten zurückzuführen. Während sich das Schülerlabor der vorliegenden Arbeit auf den lebensweltlichen Kontext mit prinzipieller Nähe zum Unterricht definiert, waren die Schülerlabore in Engeln (2004) eher auf authentische Erfahrungen im Wissenschaftsbetrieb ausgelegt (mehr zur Konzeption des UniLabs in Kapitel 6). Die Schüler bewegten sich in den dort untersuchten Schülerlaboren in Forschungsinstituten, sie durften in diesen "echten" Laboren mit weißen Kitteln bekleidet experimentieren und lernten die Arbeit von Wissenschaftlern kennen. Diese Erfahrung wog umso mehr, nachdem die Schüler in den Wochen nach dem Besuch wieder regulären Unterricht durchliefen. Dies könnte jedoch einen für den Schulunterricht kontraproduktiven Effekt zur Folge haben. So erscheint der Unterricht im Vergleich zu einem derart herausgehobenen Ereignis wie dem Schülerlaborbesuch wenig spektakulär und somit weniger attraktiv. Die abweichenden Effekte in dieser Untersuchung mögen Hinweise auf eine größere Schulnähe des UniLabs sein mit der erwähnten Folge, dass der Wertbezug in der interventionsfreien Zeit wieder abfällt.

Ein Vergleich der absoluten Zahlen verdeutlicht allerdings auch hier, dass die Schüler der 5. Klassen ein ungleich höheres Interesseniveau aufwiesen: Direkt nach den Besuchen lagen die Werte von Engeln (2004) bei 0.52, bei der vorliegenden Untersuchung bei entsprechend umskalierten 0.81, im Abstand von einigen Wochen bei 0.58 bzw. hier bei 0.72. Vermutlich liegt dies in der Tatsache begründet, dass die Schüler der 5. Klassen zwar die Ähnlichkeit zum Unterricht feststellten, trotzdem aber jenem noch eine größere Bedeutung zukommen ließen als ältere Schüler. Während also ältere Schüler eher außerschulische Lernangebote mit möglichst geringer Schulnähe bevorzugen, sind jüngere Schüler schulähnlicheren Lernumgebungen noch aufgeschlossener. Dies mag seine Ursache in der noch frischen Erfahrung mit dem Unterricht, insbesondere dem Naturwissenschaftsunterricht, haben. Ein ähnlicher Zusammenhang wurde von Falk et al. entdeckt (siehe Kapitel 2.3.1 auf Seite 17 ff.), der Unterschiede in der Lernleistung mit dem Vertrautheitsgrad der jeweiligen Umgebung in Beziehung setzte. So stellten die Autoren fest, dass dieser Umstand in nicht unerheblicher Weise auch vom Alter bestimmt war. Kapitel 9 wird noch gesondert auf die Frage eingehen, ob dieser Sachverhalt womöglich auch auf das Interesse übertragbar sein könnte.

7.2.3 Epistemische Komponente

Die epistemische Komponente deutet auf ein ähnliches Bild wie die anderen beiden Komponenten hin. Auch hier macht das charakteristische Ansteigen

und Abfallen des Interesses deutlich, dass nur von einem kurzfristigen Effekt der Schülerlaborbesuche ausgegangen werden kann. Der große Wunsch nach Wissenserwerb zum jeweiligen Thema des Besuchs wurde nicht aufgenommen (vermutlich aufgrund der fehlenden Vor- und Nachbereitung im Unterricht), was dann zu einer negativen Entwicklung der epistemischen Komponente führte.

Neben der Ausnahme im Übergang zwischen den Zeitpunkten 1 und 2, der eine nicht-signifikante Änderung anzeigt, war auch der Unterschied zwischen den Messwerten 4 und 5 nicht signifikant. Beide Effekte mögen in den Themen der Module zugrunde liegen. Modul 2 konnte (entsprechend der Diskussion zu den Ergebnissen der emotionalen und wertbezogenen Komponente) den Wunsch, mehr über das Thema zu erfahren, nicht signifikant positiv beeinflussen. Dass der Abfall von 4 auf 5 nicht signifikant ausfiel, mag für ein länger anhaltendes Bedürfnis sprechen, sich mit dem Thema des dritten Moduls auch nach einigen Wochen zu beschäftigen.

Weiterhin ist auffällig, dass der Messwert des nullten Zeitpunktes direkt nach dem Besuch des ersten Moduls im Vergleich zu den anderen Werten sehr hoch erscheint. Es ist vorstellbar, dass durch die zeitliche Nähe zum Anfang des Schuljahres und dem Beginn der Intervention eine Art "Neuigkeitseffekt" wirkte. Die Schüler waren auf hohem Niveau daran interessiert, mehr über die Inhalte zu erfahren. Nach einigen Wochen regulären Unterrichts und dem wiederholten Besuch des (nun bekannten) Schülerlabors pendelten sich die Werte der epistemischen Komponente auf ein niedrigeres Niveau ein, um das die Werte vor und nach den Modulen nun schwankten.

Im Gegensatz zu den anderen Komponenten zeigte sich (bis auf den extrem hohen Wert zum Messzeitpunkt 0) keine abfallende Tendenz bei der epistemischen Komponente. Die Reduzierung des "Novelty Space" scheint hier entweder keinen Einfluss zu haben oder nur eine untergeordnete Rolle zu spielen.

Unter Umständen macht sich hier die prinzipielle Nähe der epistemischen Komponente zu Inhalten und kognitiven Faktoren bemerkbar. Beim "Novelty Space" wurde zwischen kognitiven, psychologischen und geographischen Faktoren unterschieden. Wie bereits erwähnt blieben die psychologischen und geographischen Faktoren bei den Besuchen konstant, die Inhalte änderten sich jedoch. Demnach wurde der "Novelty Space" durch wiederholte Besuche im kognitiven Sinne nicht reduziert, was sich in der Entwicklung dieser Komponente positiv bemerkbar machte. Dies hatte – im Gegensatz zu den anderen Komponenten, die keine inhaltlichen Aspekte abfragten – dann ein Nicht-Abfallen zur Folge.

Analog zu den Überlegungen des vorigen Abschnitts machen die Abstände der Werte der epistemischen Komponente zu den anderen beiden deutlich,

dass in der Tat verschiedene Aspekte gemessen wurden. Die große Diskrepanz zwischen den Interessenkomponenten sollte jedoch nicht allzu negativ aufgenommen werden, drückt es doch vielmehr aus, dass der Wunsch, mehr über die Inhalte zu erfahren, niedriger ist, als die emotionale Bindung zu den Veranstaltungen. Dass es nicht gelingen kann, alle Schüler in gleichem Maße für die wirklichen Inhalte (und nicht nur für den Besuch als solchen) zu begeistern, ist naheliegend und spiegelt die Tatsache wider, dass sich gewisse Interessenunterschiede bereits in diesem Alter ausgebildet haben. Entsprechendes gilt für den Vergleich mit der wertbezogenen Komponente.

Wie auch die emotionale Komponente, zeigt die epistemische Komponente einen ähnlichen mittelfristigen Effekt wie in Engeln (2004). Auch dort fiel das Interesse in dem mehrwöchigen Abstand zum Schülerlaborbesuch ab. Bis auf den nicht-signifikanten Übergang von den Zeitpunkten 4 und 5 war dieses Verhalten auch hier zu erkennen. Ein direkter Vergleich der Mittelwerte ergibt unmittelbar nach dem Besuch 0.36 (Engeln) bzw. 0.67 (5. Klassen) und in einem mehrwöchigen Abstand 0.32 (Engeln) bzw. 0.58 (5. Klassen). Wie bei den anderen Komponenten deutet auch die epistemische darauf hin, dass das aktuelle Interesse bei den Schülern der 5. Klassen ungleich höher ist als das bei den 9. bzw. 10. Klassen.

7.3 Individuelles Interesse

7.3.1 Ergebnisse

Zur Erhebung des individuellen Interesses an Physik wurde nach Hoffmann et al. (1997) und Hoffmann et al. (1998) das Sachinteresse der Schüler an physikalischen Inhalten bestimmt. Für die Deutung der Daten ist es wichtig zu bemerken, dass im Gegensatz zu den Subskalen des aktuellen Interesses eine fünfstufige Lickert-Skala verwendet wurde. Der Wertebereich reicht von 1 (niedriges Interesse) bis 5 (sehr hohes Interesse).

Für die Gesamtheit aller Klassen ergibt sich der Datensatz aus Tabelle 7.9. Für den Vergleich zwischen Vor- und Nachtest wurde ein t-Test durchgeführt. Man erkennt, dass das individuelle Interesse an Physik zwischen Vor- und Nachtest keine signifikante Änderung aufweist.

Bei einer getrennten Betrachtung zwischen Mädchen und Jungen sind ebenfalls keine signifikanten Änderungen feststellbar (Tabelle 7.10). Allerdings stieg das individuelle Interesse der Jungen im Interventionszeitraum, während das der Mädchen sank. Dennoch ergibt ein t-Test mit ungepaarten Stichproben der Werte des Vor- und Nachtests keine Unterschiede zwischen der Niveaus der Mädchen und Jungen (Vortest: $t(42) = -0.38$, $p = .709$, Nachtest: $t(43) = -1.23$, $p = .224$).

Vortest		Nachtest		t	p
Mittelwert	SD	Mittelwert	SD		
3.47	0.77	3.44	0.94	-0.26	.793

Tabelle 7.9: Ergebnisse des Vor- und Nachtests zum individuellen Interesse an Physik (Sachinteresse) ($n = 43$, $df = 42$, SD : Standardabweichung, p : Signifikanzniveau).

	Vortest		Nachtest		t	p
	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD		
Mädchen	3.43	0.65	3.29	0.80	0.95	.350
Jungen	3.52	0.90	3.73	1.08	-0.33	.742

Tabelle 7.10: Ergebnisse des Vor- und Nachtests zum individuellen Interesse an Physik (Sachinteresse) von Mädchen und Jungen (Mädchen: $n = 25$, $df = 24$, Jungen: $n = 18$, $df = 17$).

7.3.2 Diskussion

Den Daten zum Sachinteresse entnimmt man, dass der mehrfache Besuch des Schülerlabors augenscheinlich keine Steigerung des individuellen Interesses hervorrief, solange man davon ausgeht, dass sich die Subskala ohne Besuch nicht negativ entwickelt hätte. Leider standen diesbezüglich keine Kontrollgruppen zur Verfügung, so dass über diese Möglichkeit keine Aussage getroffen werden kann. Dieses Ergebnis scheint aber zum einen insofern plausibel, als dass der Anteil der Zeit im Schülerlabor trotz dreimaligen Besuchs noch immer gering ist im Vergleich zur gesamten Stundenanzahl des Fachs Naturwissenschaften in der Schule, in dessen Rahmen der Besuch ablief. Zum anderen sind im Sinne der Interessentheorie und den Ergebnissen der IPN-Interessenstudie signifikante Entwicklungen in dieser relativ kurzen Zeit auch nicht zu erwarten gewesen. Allerdings offenbaren sich Unterschiede in der Interessenentwicklung zwischen den Geschlechtern. Während das Interesse der Mädchen an Physik sank, stieg es bei den Jungen an. Die vorliegende Untersuchung versuchte jedoch nicht, diese Effekte zu klären, daher soll es bei der Feststellung dieses Sachverhalts bleiben.

Die Messwerte finden sich auf einem ähnlichen Niveau wie bei den Schülern der 5. Klassen in der IPN-Interessenstudie. So sind dort Werte von ca. 3.6 angegeben (aus: Hoffmann et al., 1998, S. 32), hier liegen diese bei 3.5 im Vor- bzw. 3.4 im Nachtest. Auch stimmt die prozentuale Verteilung der

Schüler mit sehr großem und großem Interesse ungefähr mit den Ergebnissen jener Studie überein. Die IPN-Studie gibt ca. 58% an (Hoffmann und Lehrke, 1986), in dieser Studie liegt der prozentuale Anteil bei 52% im Vortest und bei 47% im Nachtest.

7.4 Einfluss des individuellen Interesses auf die Entwicklung des aktuellen Interesses

Falk und Adelman (2003) untersuchten, inwieweit Vorwissen bzw. Vorinteresse Einfluss auf das Wissen und das Interesse von Besuchern eines Aquariums nach ihrem Besuch hatten¹. Sie stellen fest (siehe Seite 30), dass nur jene Besucher eine Interessensteigerung erfuhren, die ein niedriges oder mittleres Vorinteresse hatten. Darüberhinaus vermutet Eder (1992), dass sich interessel fördernde Maßnahmen besonders dann positiv auswirken, wenn bereits ein gewisses Vorinteresse besteht (siehe Seite 52).

Um diese Aussagen zu prüfen, erscheint es sinnvoll, den Einfluss des Vorinteresses auf die Entwicklung des aktuellen Interesses zu untersuchen. Es wurde entschieden, ein Mediansplit durchzuführen, der die Schüler nach höherem und niedrigerem Interesse einteilte.

7.4.1 Ergebnisse

Um den Blick auf das Wesentliche zu beschränken, sollen an dieser Stelle nur die Ergebnisse der Varianzanalysen der mediangesplitteten Gruppen angegeben und die Verläufe der verschiedenen Interessenkomponenten graphisch dargestellt werden. Die Graphen finden sich in den Abbildungen 7.4 bis 7.6. Die dazugehörigen Werte sind dem Anhang auf den Seiten 191 bis 193 zu entnehmen.

Ein t-Test offenbart einen signifikanten Unterschied der beiden mediangesplitteten Gruppen im individuellen Interesse vor der Intervention ($t(42) = 9.57$, $p = .000$, $d = 2.85$). Die univariaten Varianzanalysen mit Messwiederholung zeigen, dass das individuelle Interesse vor den Besuchen keinen signifikanten Einfluss auf die emotionale ($F(1, 42) = 1.95$, $p = .170$) und die wertbezogene Komponente ($F(1, 42) = 3.35$, $p = .074$) ausübt. Untersucht man dagegen den Einfluss des individuellen Interesses auf die epistemische Komponente, so wird eine Signifikanz deutlich ($F(1, 42) = 5.03$, $p = .030$, $f = 0.34$).

¹Bei jener Untersuchung wurde keine streng psychologisch fundierte Definition des Interesses angelegt. Daher kann keine differenzierte Aussage über jenes Interesse getroffen werden.

7.4. Einfluss des individuellen Interesses auf das aktuelle Interesse 123

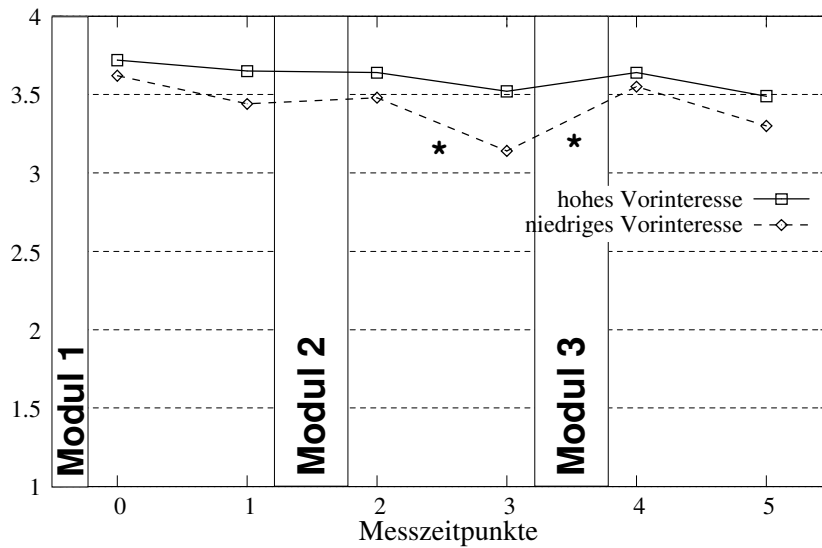


Abbildung 7.4: Visualisierung der Messdaten aus den Tabellen 11.1 und 11.2 auf der Seite 191 zum Verlauf der emotionalen Komponente des aktuellen Interesses bei Berücksichtigung des Vorinteresses.

Trotz des überwiegend nicht-signifikanten Einflusses zeigen alle Auftragsungen, dass die Werte jeder Komponente des aktuellen Interesses der Gruppe mit höherem Sachinteresse auch immer höher liegen als die der anderen. Der grundlegende Verlauf der Werte beider Gruppen ist aber für alle drei Auftragsungen relativ ähnlich. Auffällig sind lediglich die von der Charakteristik abweichenden Werte zu den Zeitpunkten 2 und 3 bei der Gruppe mit niedrigerem Interesse bei der emotionalen und der epistemischen Komponente. Die emotionale Komponente zeigte einen signifikanten Einbruch zum Zeitpunkt 3 ($t(20) = 3.01$, $p = .007$, $d = 0.69$) und ein darauffolgendes signifikantes Ansteigen zum Zeitpunkt 4 ($t(20) = -3.73$, $p = .001$, $d = 0.86$). Ähnliches galt bei der epistemischen Komponente: ein signifikantes Abfallen zum Zeitpunkt 3 ($t(20) = 2.45$, $p = .024$, $d = 0.46$) und ein signifikantes Ansteigen beim Übergang von 3 auf 4 ($t(20) = -2,80$, $p = .011$, $d = 0.46$).

Bei der wertbezogenen Komponente (Abbildung 7.5) wiesen beide Gruppen ebenfalls unterschiedliche Verläufe auf. Die Werte der Gruppe mit hohem Vorinteresse fielen in den Wochen nach einem Modulbesuch signifikant ab, stiegen dann aber wieder signifikant an. Die Werte der Gruppe mit niedrigem Vorinteresse dagegen sanken zwar ebenfalls stetig, bis auf den Übergang von Zeitpunkt 2 auf 3 ($t(20) = 3.07$, $p = .006$, $d = 0.52$) waren dabei aber keine Signifikanzen zu erkennen.

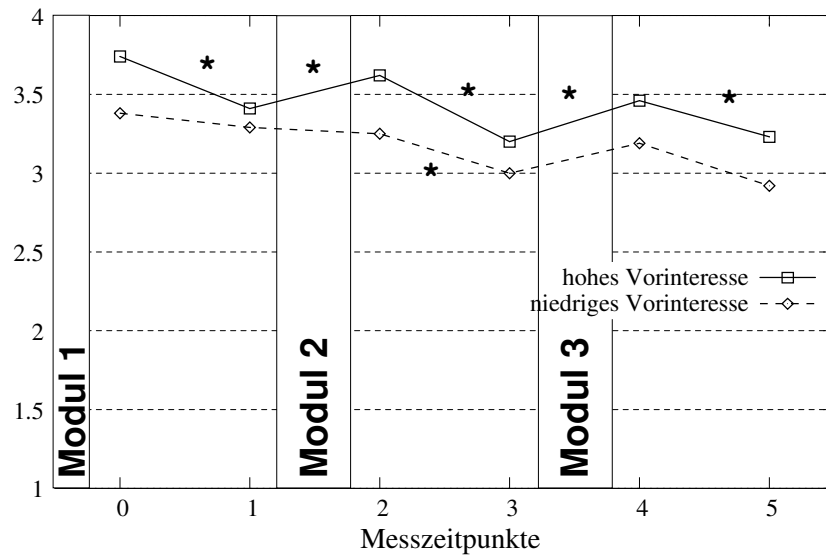


Abbildung 7.5: Visualisierung der Messdaten aus den Tabellen 11.1 und 11.2 auf der Seite 191 zum Verlauf der wertbezogenen Komponente des aktuellen Interesses bei Berücksichtigung des Vorinteresses.

7.4.2 Diskussion

Die Ergebnisse der nach den Vorinteressen differenzierten Verläufe der Komponenten des aktuellen Interesses können die von Falk und Adelman (2003) gemachten Beobachtungen weder bestätigen noch widerlegen. Zwar zeigte die Gruppe mit höherem Interesse seltener einen signifikanten Anstieg des Interesses als die Gruppe mit niedrigerem Interesse, jedoch fiel das Interesse auch seltener signifikant ab. Ausnahme bildet hier die wertbezogene Komponente, wobei dieser Sachverhalt auch rein zufällig sein könnte. Ein unmittelbarer Vergleich zu Falk und Adelman (2003) ist jedoch mit Vorsicht zu genießen, da die in der vorliegenden Untersuchung betrachtete Gruppe mit niedrigerem Interesse immer noch relativ hohe Werte aufwies, so dass diese vermutlich nicht mit einer Gruppe mit niedrigem Interesse in Falk und Adelman (2003) verglichen werden kann.

Es deutet sich aber an, dass die Höhe des Vorinteresses tendenziell über das Niveau der Werte des aktuellen Interesses bestimmt. Zumindest für die epistemische Komponente ist dies signifikant. Das ist insofern plausibel, als dass vor allem diese Subskala inhaltliche Neigungen der Schüler abfragt. Weder die emotionale noch die wertbezogene Komponente erhoben explizit die Einstellung zu den gelernten Themen. Das Sachinteresse hat ebenfalls einen inhaltlichen Schwerpunkt, so dass der Zusammenhang mit der epistemischen Komponente zu erwarten war. Dies bestätigt die Ergebnisse in Engeln (2004).

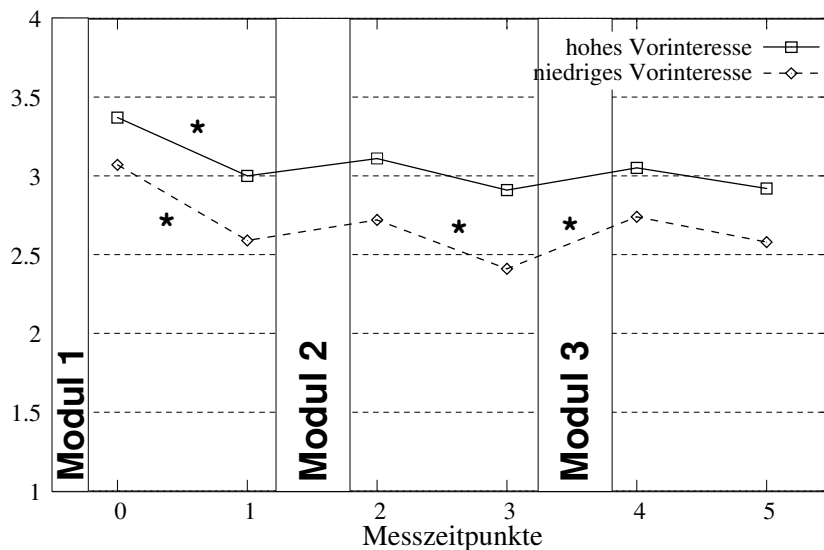


Abbildung 7.6: Visualisierung der Messdaten aus den Tabellen 11.1 und 11.2 auf Seite 191 zum Verlauf der epistemischen Komponente des aktuellen Interesses bei Berücksichtigung des Vorinteresses.

Dort wurde festgestellt, dass das Sachinteresse als Prädiktorvariable vor allem für die epistemische Komponente angenommen werden kann (siehe auch Kapitel 3.8).

Über das Niveau des individuellen Interesses kann demnach eine Voraussage über das Niveau des aktuellen Interesses getroffen werden: Ist das individuelle Interesse hoch, dann wird auch das aktuelle Interesse höhere Werte aufweisen. Dies ist in Einklang mit der von Eder (1992) gemachten Aussage, dass sich eine Passung des aktuellen Handlungsgegenstands mit bereits bestehenden Interessen positiv auswirkt.

Der signifikante Abfall zum Messzeitpunkt 3 und das anschließende signifikante Ansteigen zum Zeitpunkt 4 bei der emotionalen und der epistemischen Komponente der Gruppe mit niedrigerem Interesse lag vermutlich im Modul 2 begründet, welches auf mittelfristiger Sicht bei den weniger interessierten Schülern keine mittelfristige Wirkung zeigte. Dass die Werte nach dem Besuch des dritten Moduls wieder auf das Ursprungsniveau zurücksprangen und im nachhinein kein signifikantes Abfallen mehr verursachte, mag diese Vermutung bestätigen. Schwankungen der Werte bei der Gesamtbetrachtung aller Schüler im Abschnitt 7.1 sind demnach offensichtlich auf die weniger interessierten Schüler zurückzuführen.

7.5 Einfluss des Geschlechts auf die Entwicklung des aktuellen Interesses

In den Arbeiten von Engeln (2004) und Brandt (2005) wurden keine geschlechterspezifischen Unterschiede in der motivationalen Entwicklung der Schüler bei einem Schülerlaborbesuch festgestellt. Dies entspricht ebenfalls der überwiegenden Datenlage zur Forschung in außerschulischen Lernorten. Es sei festgehalten, dass die Schüler in der vorliegenden Untersuchung lediglich nach ihrem biologischen Geschlecht unterschieden wurden. Die Untersuchung war nicht darauf angelegt, Gendereffekte aufzudecken und auf Sozialisierungshintergründe zurückzuführen. Daher wird es dieser Abschnitt mit einer oberflächlichen Betrachtung eines Geschlechtereffekts belassen. Dies ist vor dem Hintergrund interessant, da sich hier Unterschiede zwischen den behandelten 5. und 8. Klassen ergaben, auf die in Kapitel 9 näher eingegangen wird. Auf eine ausführliche Darstellung wird verzichtet, die Tabellen mit den Messwerten werden daher im Anhang auf den Seiten 194 bis 196 präsentiert.

7.5.1 Ergebnisse

Die Abbildungen 7.7 bis 7.9 spiegeln die Messergebnisse graphisch wider. Es wird deutlich, dass in der Entwicklung der wertbezogenen und der epistemischen Komponente keine gravierenden Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen vorlagen. Beide Gruppen wiesen die bereits im vorigen Abschnitt dargestellten charakteristischen Verläufe auf. Die einzige Auffälligkeit zeigt sich darin, dass die Unterschiede der Werte zweier aufeinander folgender Messzeitpunkte der Mädchen häufiger signifikant waren als bei den Jungen. Bei diesen fiel nur der Wert der wertbezogenen Komponente des ersten Zeitpunktes verglichen mit dem nullten signifikant ab. Eine univariate Varianzanalyse mit dem Geschlecht als Zwischensubjektfaktor ergibt für die wertbezogene und die epistemische Komponente jedoch keine signifikante Einflussnahme des Geschlechts auf die Entwicklung der Messwerte (wertbezogene Komponente: $F(1, 44) = 0.04$, $p = .840$, epistemische Komponente: $F(1, 44) = 0.06$ mit $p = .804$).

Größere Unterschiede sind dagegen in der emotionalen Komponente zu finden. Zwar liegen auch hier vergleichbare Verläufe vor, doch beobachtet man bei den Mädchen ein höheres Niveau im Vergleich zu den Jungen. Die Varianzanalyse liefert jedoch keinen signifikanten Einfluss des Geschlechts ($F(1, 44) = 3.19$, $p = .081$).

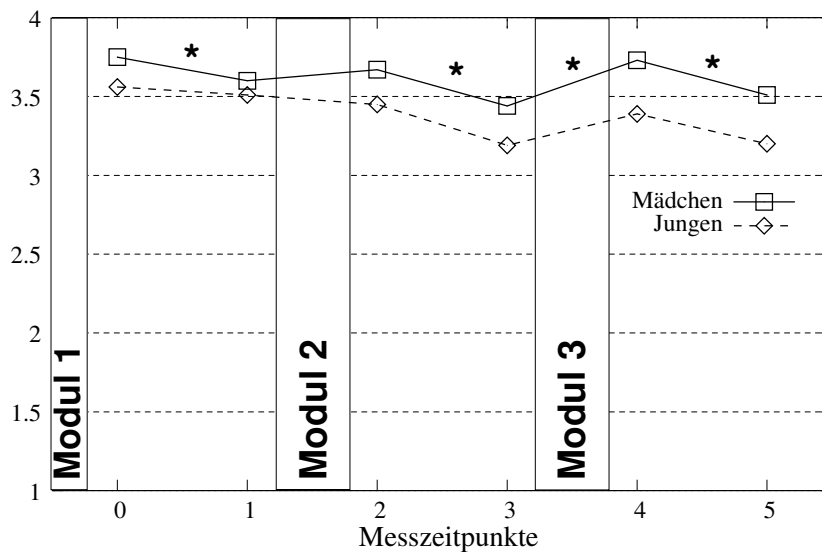


Abbildung 7.7: Visualisierung der Messdaten der emotionalen Komponente aus den Tabellen 11.5 bis 11.8 auf den Seiten 194 bis 196.

7.5.2 Diskussion

Die im Vergleich zu den Werten der Jungen große Zahl an signifikanten Unterschieden in den Werten vor und nach den Besuchen bei den Mädchen mag auf dem ersten Blick auf einen Effekt hinweisen. Da die grundsätzlichen Verläufe jedoch ähnlicher Art sind, kann davon ausgegangen werden, dass die Unterschiede zwischen beiden Gruppen rein zufälliger Natur sind. Dies belegt auch eine univariate Varianzanalyse, die zwischen beiden Gruppen keine Unterschiede erkennbar macht.

Im Einklang mit der bisherigen Forschung stellen sich auch in diesen Daten weitestgehend kaum Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen dar. Zumindest bei der wertbezogenen und epistemischen Komponente werden keine Diskrepanzen in den Werten der beiden Gruppen deutlich. Allerdings gelang es den Interventionen im UniLab, bei den Mädchen tendenziell höhere Werte in der emotionalen Komponente des aktuellen Interesse zu erzeugen. Dies ist überraschend und nicht abschließend erklärbar. Offensichtlich fühlten sich die Mädchen bei den Besuchen noch wohler als die Jungen (deren emotionale Komponente sich aber ebenfalls auf einem sehr hohen Niveau befand).

Diese Ergebnisse sind positiv zu werten, da das Interesse von Mädchen an physikalischen Inhalten im Allgemeinen als niedriger eingestuft wird. Zumindest der Verlauf des aktuellen Interesses scheint darauf nicht hinzudeuten. Es ist fraglich, ob der Grund dafür in der Annahme zu finden ist, dass die Schü-

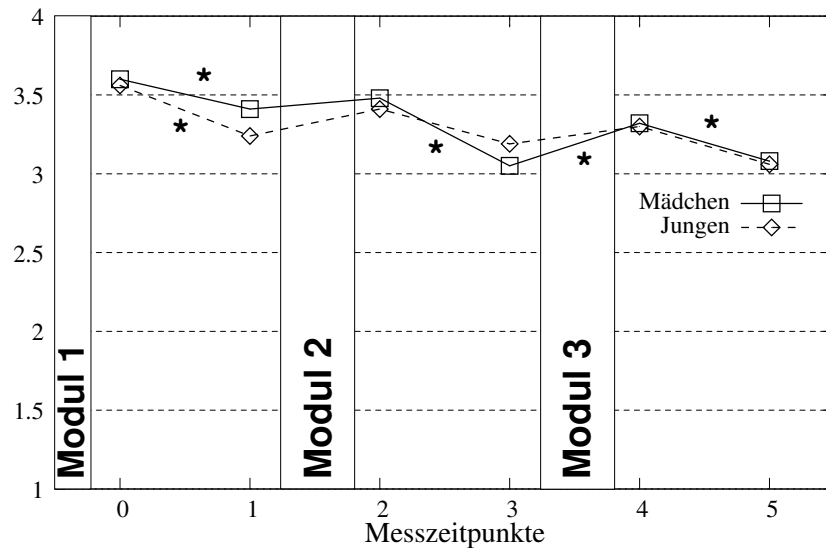


Abbildung 7.8: Visualisierung der Messdaten der wertbezogenen Komponente aus den Tabellen 11.5 bis 11.8 auf den Seiten 194 bis 196.

ler in einem Alter sind, in der noch keine festen Interessen oder Abneigungen vorliegen oder daran, dass der Schülerlaborbesuch für beide Geschlechter ähnlich attraktiv gestaltet war. Ein höheres individuelles Interesse an Physik vor den Besuchen kann als Begründung nicht herangezogen werden, da sich beide Gruppen nicht signifikant unterschieden (siehe Abschnitt 7.3) und die Jungen dagegen sogar ein höheres Niveau aufwiesen. Wie bereits erwähnt sah es die Untersuchung jedoch nicht als ihre Aufgabe an, genderspezifische Probleme zu erheben, daher soll es bei dieser oberflächlichen Behandlung der Ergebnisse bleiben.

7.6 Zusammenfassung

Dieses Kapitel macht deutlich, dass Schülerlaborbesuche nicht zur langfristigen Entwicklung des Interesses beitragen können. Die hier dargestellten Ergebnisse für Schüler der 5. Jahrgangsstufe deuten darauf hin, dass die Besuche zwar das aktuelle Interesse beeinflussen können und mehrfache Besuche dazu beitragen, das Interesse immer wieder zu entfachen. Doch scheint es ernüchternd, dass die Besuche keinen entscheidenden Einfluss auf das individuelle Interesse ausüben und insofern dieses weder langfristig steigern, noch das aktuelle Interesse mittelfristig stabilisieren können. Im Sinne der Interesstheorie aus Kapitel 3 und dem dort eingeführten Konzept eines der Entwicklung individueller Interessen vorgelagerten Auftretens und Stabilisierens

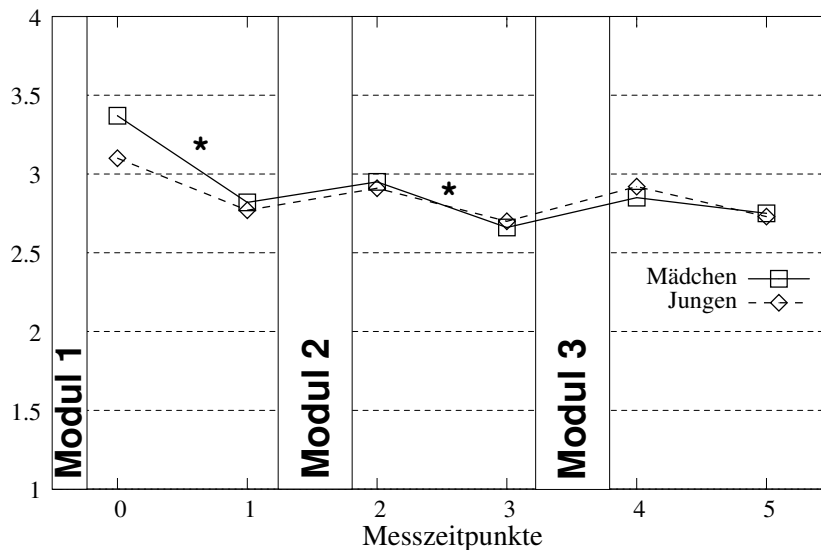


Abbildung 7.9: Visualisierung der Messdaten der epistemischen Komponente aus den Tabellen 11.5 bis 11.8 auf den Seiten 194 bis 196.

situationaler Interessen mit Hilfe von "Catch"- und "Hold"-Komponenten, scheint die Aussage gerechtfertigt, dass reine Schülerlaborbesuche und ihre Inhalte offenbar nur "Catch"-Charakter haben. Die besondere Gestaltung des UniLabs mit seiner anregenden Umgebung, der Auswahl besonderer, diskrepanzerzeugender Experimente und die Beachtung motivational fördernder Maßnahmen, wie Gruppenarbeit, selbständiges Arbeiten und anschließende Präsentation der Ergebnisse, trägt dazu vermutlich im entscheidenden Maße bei. Von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist vermutlich ebenfalls die Tatsache, dass sich auch das Verlassen der gewohnten Umgebung der Schule positiv auf das Interesse auswirkt.

Besuche eines Schülerlabors haben demnach nur insoweit Einfluss, dass nur die erste Stufe der Interessenentwicklung in Abbildung 3.4 auf Seite 51 erklommen werden kann. Sie fördern das erste Auftreten von aktuellem Interesse, sind aber nicht in der Lage, diese geweckte Neugier in eine stabilisierte Handlungsbereitschaft zu überführen. Dieser Teil der vorliegenden Untersuchung bestätigt somit die in Jarvis und Pell (2005) gefundenen Erkenntnisse, dass ein Besuch in einem außerschulischen Lernort nur kurzfristig positiven Einfluss auf das Interesse hat (siehe dazu Kapitel 2.3.2 auf Seite 35). Offenbar müssen andere Maßnahmen ergriffen werden, die dafür sorgen, dass sich die Schüler auch weiterhin mit den Inhalten der Besuche beschäftigen wollen und für jene Themen interessiert sind. Das folgende Kapitel wird Hinweise darauf geben, wie geeignete Maßnahmen aussehen können.

Darüberhinaus bestätigen die Ergebnisse dieses Kapitels, dass die Folgerungen der Interessentheorie mit dem positiven Einfluss des Vorinteresses auf das aktuelle Interesse auch auf Besuche von Schülerlaboren übertragbar sind. Außerdem wurde gezeigt, dass das für diese Studie genutzte Schülerlabor in dieser Altersklasse, übereinstimmend mit dem Großteil der bisherigen Forschung, sowohl für Mädchen als auch für Jungen gleich wirkte.

Hypothesen

Aus dieser Teiluntersuchung können demnach folgende Hypothesen formuliert werden.

- Ein- oder mehrmalige Besuche eines außerschulischen Lernortes rufen nur kurzfristige Steigerungen der emotionalen, wertbezogenen und epistemischen Komponente des aktuellen Interesses von Schülern der 5. Jahrgangsstufe an den Inhalten der Lerneinheiten hervor.
- Mehrmalige Besuche eines außerschulischen Lernortes beeinflussen insofern die emotionale, wertbezogene und epistemische Komponente des aktuellen Interesses von Schülern der 5. Jahrgangsstufe an den Inhalten der Lerneinheiten, als dass auf ein Ansteigen direkt nach einem Besuch ein Abfallen in einem mehrwöchigem Abstand dazu folgt.
- Ein- oder mehrmalige Besuche eines außerschulischen Lernortes haben keinen Einfluss auf die Entwicklung des individuellen Interesses an Physik von Schülern der 5. Jahrgangsstufe.

Kapitel 8

Ergebnisse der 8. Klassen

Zusätzlich zu den Untersuchungen an Schülern der 5. Jahrgangsstufe wurde studiert, inwiefern mehrmalige Besuche im Schülerlabor UniLab einen Einfluss auf die Entwicklung des Interesses an Physik von Schülern der 8. Klassen hatten. Im Mittelpunkt des Forschungsinteresses stand dabei die Frage, inwiefern eine Einbindung der Besuche in den Physikunterricht besondere Auswirkungen auf die Entwicklung des aktuellen Interesses hat. Zu Beginn des Kapitels wird diese Fragestellung ausführlich behandelt. Zudem werden in den daran anschließenden Abschnitten die Ergebnisse zum individuellen Interesse, dem Einfluss des individuellen Interesses auf die Entwicklung des aktuellen Interesses und zu etwaigen Geschlechterunterschieden kurz präsentiert und diskutiert.

8.1 Aktuelles Interesse

8.1.1 Emotionale Komponente

In der Tabelle 8.1 sind die Mittelwerte der emotionalen Komponente des aktuellen Interesses für die Schüler der 8. Klassen angegeben, die entweder eine Einbindung der Besuche im Schülerlabor erfuhren oder nicht. Der t-Test für gepaarte Stichproben der Werte zweier aufeinander folgender Messzeitpunkte ergibt die Daten der Tabelle 8.2. Der Verlauf der Messwerte ist in Abbildung 8.1 zu erkennen. Die Ordinate berücksichtigt, wie auch bei den Auswertungen zu den 5. Klassen, die vollständige Skala der emotionalen Komponente. Außerdem sollte wieder dem Umstand Beachtung gezollt werden, dass es sich bei der Abszisse nicht um eine linear skalierte Achse handelt.

Es ist erkennbar, dass beide Gruppen zum Messzeitpunkt 1 (wenige Wochen nach dem Besuch des ersten Moduls) vom gleichen Niveau aus starteten.

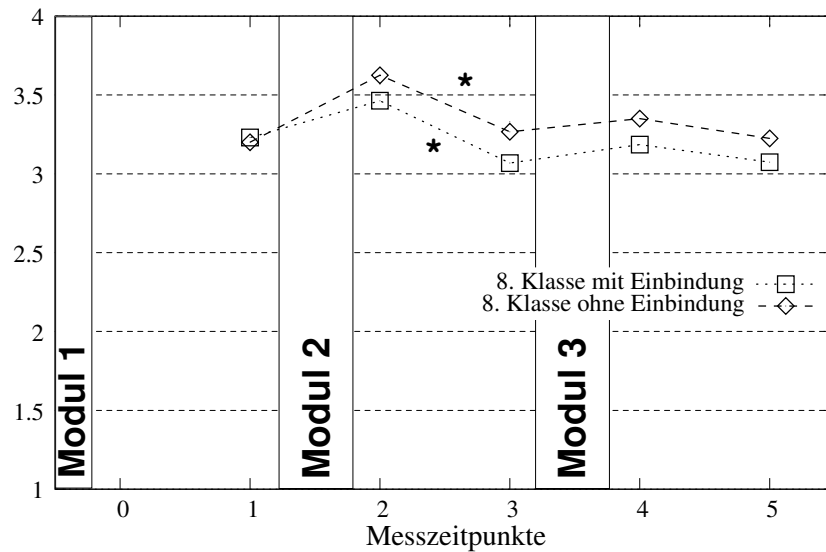


Abbildung 8.1: Messwerte zur emotionalen Komponente des aktuellen Interesses aus den Daten der Tabellen 8.1 und 8.2.

Bis auf einen nicht-signifikanten Offset sind die Verläufe für beide Gruppen identisch: Direkt nach Modul 2 stiegen die Messwerte der emotionalen Komponente an, zum Messzeitpunkt 3 fielen sie wieder signifikant ab. Beim Modul 3 wiederholte sich dieser Verlauf mit dem Unterschied, dass keine Signifikanzen existierten und sich die "Ausschläge" abflachten. Über den Interventionszeitraum fiel die emotionale Komponente bei beiden Gruppen nur leicht ab. Vergleicht man die Zeitpunkte 1 und 5, so sind keine signifikanten Änderungen festzustellen.

Führt man univariate Varianzanalysen mit Messwiederholung für beide

Messzeitpunkt	Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung
	mit Einbindung		ohne Einbindung	
1	3.23	0.52	3.20	0.70
2	3.46	0.55	3.63	0.38
3	3.07	0.62	3.27	0.56
4	3.18	0.65	3.35	0.50
5	3.07	0.55	3.23	0.59

Tabelle 8.1: Messwerte für die emotionale Komponente des aktuellen Interesses für die Gruppen mit und ohne Einbindung ($n = 37$ bzw. $n = 10$).

Paar	Δ	SD	t	p	d
	mit Einbindung				
1 \rightarrow 2	-0.23	0.75	-1.90	.066	n.s.
2 \rightarrow 3	0.40	0.78	3.09	.004	0.68
3 \rightarrow 4	-0.12	0.63	-1.13	.265	n.s.
4 \rightarrow 5	0.11	0.67	1.00	.323	n.s.
	ohne Einbindung				
1 \rightarrow 2	-0.43	0.60	-2.23	.052	n.s.
2 \rightarrow 3	0.36	0.43	2.66	.026	0.75
3 \rightarrow 4	-0.08	0.68	-0.39	.706	n.s.
4 \rightarrow 5	0.13	0.69	0.57	.581	n.s.

Tabelle 8.2: t-Tests bei gepaarten Stichproben zwischen den Messzeitpunkten der emotionalen Komponente des aktuellen Interesses der Gruppen mit und ohne Einbindung ($df = 36$ bzw. $df = 9$). Δ : Differenz der Mittelwerte, SD : Standardabweichung der Differenz, t : Prüfgröße des t-Tests, p : Signifikanzniveau, d : Effektstärke.

Gruppen getrennt durch, so ist bei der Gruppe mit Einbindung ein signifikanter Effekt zu erkennen ($F(4, 36) = 4.00$, $p = .004$, $f = 0.33$). Bei der Gruppe ohne Einbindung hingegen ist keine Signifikanz zu beobachten ($F(4, 9) = 1.77$, $p = .156$). Eine Varianzanalyse mit der Gruppenzugehörigkeit als Zwischensubjektfaktor ergibt keinen signifikanten Einfluss der Einbindung auf die emotionale Komponente ($F(1, 45) = 0.88$, $p = .354$).

8.1.2 Wertbezogene Komponente

Analog zum vorigen Abschnitt sind in der Tabelle 8.3 die Messergebnisse der wertbezogenen Komponente des aktuellen Interesses angegeben und in der Tabelle 8.4 außerdem die Ergebnisse der t-Tests mit gepaarten Stichproben.

Die Auftragung in Abbildung 8.2 lässt bis auf den Übergang zwischen den Messzeitpunkten 2 und 3 bei der Gruppe ohne Einbindung keine signifikante Änderungen erkennen. Es ist jedoch zu beobachten, dass die Werte der Gruppe ohne Einbindung ein alternierendes Verhalten mit abfallender Tendenz zeigten, wohingegen die Werte der Gruppe mit Einbindung über den Interventionszeitraum konstant blieben. Ein Vergleich der Messzeitpunkte 1 und 5 ergibt wie bei der emotionalen Komponente jedoch keinen signifikanten Abfall.

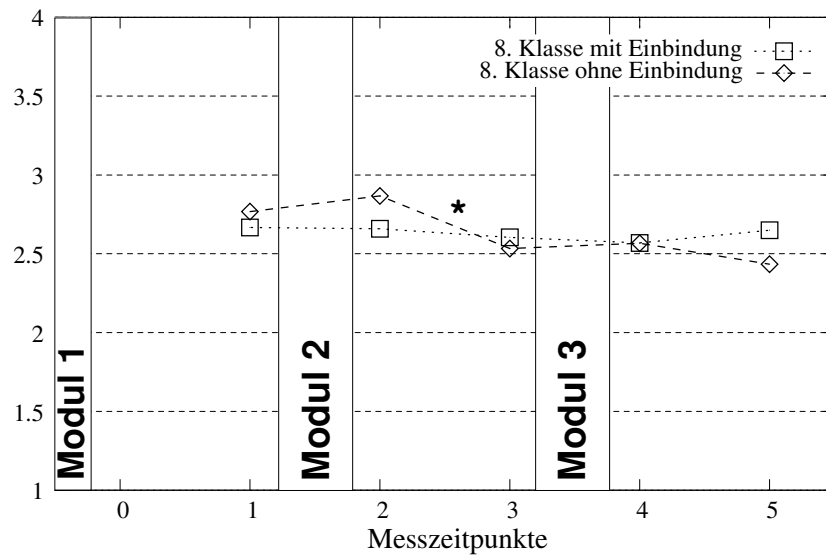


Abbildung 8.2: Visualisierung der Messdaten zur wertbezogenen Komponente aus den Tabellen 8.3 und 8.4.

Eine univariate Varianzanalyse stellt für beide Gruppen keinen signifikanten Effekt der Zeit fest (mit Einbindung: $F(4, 36) = 0.31$, $p = .870$, ohne Einbindung: $F(4, 9) = 1.95$, $p = .123$). Die Varianzanalyse mit der Einbindung als Zwischensubjektfaktor ergibt ebenfalls keine signifikante Abhängigkeit ($F(1, 45) = 0.01$, $p = .982$).

Weiterhin lässt sich aus Tabelle 8.5 ablesen, dass die Werte der wertbezogenen Komponente zu fast allen Zeitpunkten einen signifikanten Offset zur emotionalen Komponente aufwiesen.

Messzeitpunkt	Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung
	mit Einbindung		ohne Einbindung	
1	2.67	0.55	2.77	0.55
2	2.66	0.64	2.87	0.53
3	2.60	0.76	2.53	0.79
4	2.57	0.77	2.57	0.67
5	2.65	0.70	2.43	0.79

Tabelle 8.3: Messwerte für die wertbezogene Komponente des aktuellen Interesses für die Gruppen mit und ohne Einbindung ($n = 37$ bzw. $n = 10$).

Paar	Δ	SD	t	p	d
	mit Einbindung				
1 \rightarrow 2	0.09	0.63	0.09	.931	n.s.
2 \rightarrow 3	0.05	0.68	0.49	.631	n.s.
3 \rightarrow 4	0.04	0.58	0.38	.708	n.s.
4 \rightarrow 5	-0.08	0.55	-0.89	.378	n.s.
	ohne Einbindung				
1 \rightarrow 2	-0.10	0.42	-0.76	.468	n.s.
2 \rightarrow 3	0.33	0.44	2.37	.042	0.50
3 \rightarrow 4	-0.03	0.55	-0.19	.853	n.s.
4 \rightarrow 5	0.13	0.59	0.71	.494	n.s.

Tabelle 8.4: t-Tests bei gepaarten Stichproben zwischen den Messzeitpunkten der wertbezogenen Komponente des aktuellen Interesses der Gruppen mit und ohne Einbindung (df = 36 bzw. df = 9).

Messzeitpunkt	Δ	SD	t	p	d
	mit Einbindung				
1	0.56	0.66	5.21	.000	1.05
2	0.81	0.78	6.27	.000	1.34
3	0.46	0.62	4.56	.000	0.68
4	0.62	0.66	5.66	.000	0.86
5	0.43	0.76	3.39	.002	0.67
	ohne Einbindung				
1	0.43	0.75	1.82	.102	n.s.
2	0.76	0.38	6.38	.000	1.65
3	0.73	0.70	3.31	.009	1.08
4	0.78	0.86	2.90	.018	1.32
5	0.79	0.60	4.20	.002	1.15

Tabelle 8.5: t-Tests zwischen den Werten der emotionalen und wertbezogenen Komponente zu den einzelnen Messzeitpunkten (df = 36 bzw. df = 9).

8.1.3 Epistemische Komponente

In Tabelle 8.6 sind die Messwerte der epistemischen Komponente des aktuellen Interesses angegeben und in Tabelle 8.7 die Ergebnisse der t-Tests für gepaarte Stichproben.

Messzeitpunkt	Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung
	mit Einbindung		ohne Einbindung	
1	2.31	0.58	2.12	0.73
2	2.28	0.64	2.48	0.56
3	2.31	0.68	1.86	0.76
4	2.40	0.72	2.16	0.66
5	2.28	0.74	1.90	0.76

Tabelle 8.6: Messwerte für die epistemische Komponente des aktuellen Interesses für die Gruppen mit und ohne Einbindung ($n = 37$ bzw. $n = 10$).

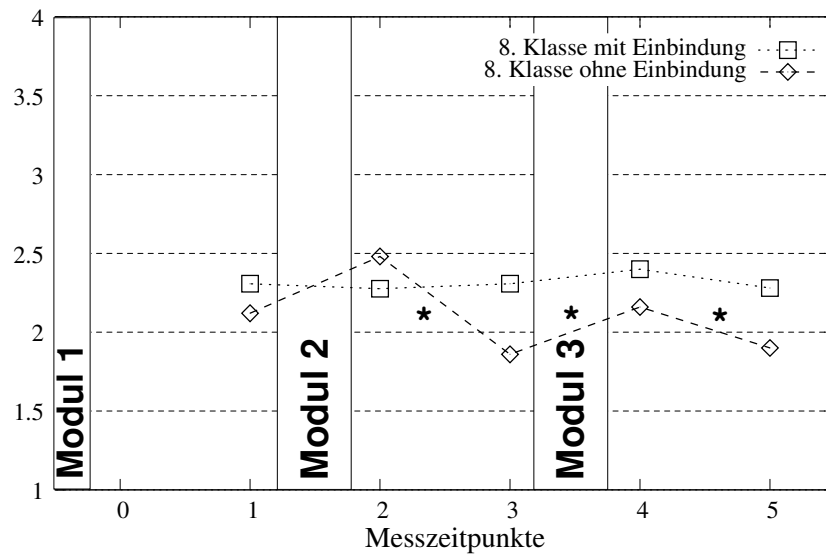


Abbildung 8.3: Auftragung der Messdaten der epistemischen Komponente des aktuellen Interesses aus den Tabellen 8.6 und 8.7.

Abbildung 8.3 zeigt den Verlauf der Messwerte. Im Gegensatz zu den anderen Komponenten unterschieden sich beide Gruppen im Verlauf der epistemischen Komponente. Während die Werte der Gruppe mit Einbindung ähnlich zu der wertbezogenen Komponente stagnierten, ließ sich bei der Gruppe ohne Einbindung ein ausgeprägtes Alternieren beobachten. In einem Abstand

Paar	Δ	SD	t	p	d
	mit Einbindung				
1 \rightarrow 2	0.03	0.63	0.31	.757	n.s.
2 \rightarrow 3	-0.03	0.64	-0.31	.760	n.s.
3 \rightarrow 4	-0.09	0.53	-1.04	.303	n.s.
4 \rightarrow 5	0.12	0.46	1.56	.128	n.s.
	ohne Einbindung				
1 \rightarrow 2	-0.36	0.56	-2.05	.071	n.s.
2 \rightarrow 3	0.62	0.60	3.27	.010	0.93
3 \rightarrow 4	-0.30	0.41	-2.29	.048	0.45
4 \rightarrow 5	0.26	0.35	2.33	.045	0.39

Tabelle 8.7: t-Tests bei gepaarten Stichproben zwischen den Messzeitpunkten der wertbezogenen Komponente des aktuellen Interesses der Gruppen mit und ohne Einbindung ($df = 36$ bzw. $df = 9$).

von mehreren Wochen zum vorhergehenden Modulbesuch fiel die epistemische Komponente signifikant ab (Übergänge zwischen 2 und 3 bzw. 4 und 5), um dann aber direkt nach dem darauffolgenden Modulbesuch wieder anzusteigen (beim Übergang zwischen den Messzeitpunkten 3 und 4 sogar signifikant). Außerdem zeigt sich auch hier, dass die Messwerte dieser Gruppe eine abfallende nicht-signifikante Tendenz aufweisen, während die epistemische Komponente der Einbindungsgruppe nahezu konstant blieb.

Wie auch bei den anderen Komponenten wurde eine univariate Varianzanalyse mit Messwiederholung gerechnet. Für die Gruppe mit Einbindung erhält man keinen signifikanten Zusammenhang zwischen den Zeitpunkten ($F(4, 36) = 0.44$, $p = .777$). Die Werte der Gruppe ohne Einbindung wiederum offenbaren signifikante Änderungen der Zeit mit großer Effektstärke ($F(4, 9) = 3.49$, $p = .017$, $f = 0,62$). Ein Vergleich beider Gruppen führt abermals zu keiner signifikanten Einflussnahme der Einbindung: $F(1, 45) = 1.17$, $p = .286$. Allerdings ergibt die Varianzanalyse eine signifikante Interaktion erster Ordnung der Zeit mit der Einbindung ($F(4, 45) = 2.52$, $p = .043$, $f = 0.23$), was darauf hinweist, dass die Besuchereignisse für die beiden Gruppen jeweils signifikant verschieden wirkten.

Ein Vergleich mittels t-Tests zwischen der epistemischen Komponente und der emotionalen bzw. der wertbezogenen zu den einzelnen Messzeitpunkten macht deutlich, dass sehr große signifikante Differenzen zwischen den Skalen existierten. So lagen die Werte der epistemischen Komponente nochmals unter denen der wertbezogenen (Tabellen 8.8 und 8.9).

Messzeitpunkt	Δ	SD	t	p	d
	mit Einbindung				
1	0.92	0.65	8.60	.000	1.67
2	1.19	0.72	10.00	.000	1.97
3	0.76	0.62	7.42	.000	1.17
4	0.78	0.70	6.84	.000	1.14
5	0.79	0.85	5.70	.000	1.21
	ohne Einbindung				
1	1.08	0.66	5.15	.001	1.51
2	1.15	0.32	11.47	.000	2.40
3	1.41	0.83	5.37	.000	2.11
4	1.19	0.86	4.36	.002	2.03
5	1.33	0.71	5.88	.000	1.95

Tabelle 8.8: t-Tests zwischen den Werten der emotionalen und der epistemischen Komponente zu den einzelnen Zeitpunkten ($df = 36$ bzw. $df = 9$).

8.2 Diskussion der Ergebnisse zum aktuellen Interesse

8.2.1 Emotionale Komponente

Die Entwicklung der emotionalen Komponente des aktuellen Interesses zeigt bei beiden Gruppen einen ähnlich alternierenden Verlauf. Eine Verringerung dieses beobachteten Effekts beim dritten Modulbesuch kann vermutlich auf einen Gewöhnungseffekt auf hohem Niveau zurückgeführt werden, der zum Ausdruck bringt, dass die Schüler nach dem ersten Besuch bereits mit dem Schülerlabor vertraut waren. Entsprechend wurde der "Novelty Space", insbesondere der psychologische und der geographische Faktor (siehe 2.3.1 auf Seite 20) reduziert, was offenbar dieses Verhalten zur Folge hat. Die Erklärungen aus Kapitel 7, in dem diese Charakteristik ähnlich bereits bei den Schülern der 5. Klassen diskutiert wurde, sind demnach zumindest für diese Komponente auch auf die Entwicklung der Schüler der 8. Klassen übertragbar. Andererseits mag der Grund auch im dritten Modul liegen, welches den Schülern nicht ähnlich viel Spaß wie beispielsweise Modul 2 gemacht haben könnte. Dies kann jedoch nicht eindeutig geklärt werden.

Die geringen Unterschiede zwischen beiden Gruppen sowie die Ähnlichkeit beider Verläufe lässt auf eine Unabhängigkeit bezüglich der im Schul-

Messzeitpunkt	Δ	SD	t	p	d
mit Einbindung					
1	0.36	0.55	3.96	.000	0.64
2	0.38	0.57	4.05	.000	0.59
3	0.30	0.55	3.25	.003	0.40
4	0.17	0.52	1.95	.059	n.s.
5	0.37	0.54	4.16	.000	0.51
ohne Einbindung					
1	0.65	0.77	2.64	.027	1.01
2	0.39	0.37	3.31	.009	0.72
3	0.67	0.40	5.32	.000	0.86
4	0.41	0.27	4.74	.001	0.62
5	0.53	0.48	3.49	.007	0.68

Tabelle 8.9: t-Tests zwischen den Werten der wertbezogenen und der epistemischen Komponente zu den einzelnen Zeitpunkten ($df = 36$ bzw. $df = 9$).

unterricht durchgeführten Curricula bzw. deren Einbindung schließen. Das überrascht deswegen nicht, weil diese Subskala nicht auf inhaltliche Aspekte ausgelegt war, sondern den Schülern Gefühlseinschätzungen abverlangte. Beide Gruppen fühlten sich im UniLab wohl, ob ihr Unterricht auf die Besuche abgestimmt war oder nicht.

Die schulnahe Einbindung ging folglich nicht zu Lasten des emotionalen Interesses. Es kann deshalb davon ausgegangen werden, dass Schüler mit einer Vorbereitung den Besuch emotional ebenso anregend erleben, wie Schüler ohne Vorbereitung. Dass beide Gruppen zu Beginn und Ende des Interventionszeitraumes (Zeitpunkte 1 und 5) konstante Werte aufwiesen, mag zusätzlich besonders positiv erscheinen.

Verglichen mit Engeln (2004), die in ihrer Untersuchung identische Subskalen verwendet aber nur einen Besuch untersucht hatte, fallen keine wesentlichen Unterschiede auf. Direkt nach einem Besuch war die emotionale Komponente höher als wenige Wochen später. So finden sich bei Engeln (2004) auf 1 normierte Werte von 0.73 (bzw. 0.69 im Nachtest), hier ergaben sich Mittelwerte der jeweiligen Zeitpunkte von 0.77 (0.71 im Nachtest) für die Gruppe mit Einbindung und 0.83 (0.74 im Nachtest) für die Gruppe ohne Einbindung. Aufgrund fehlender Effektstärken in Engeln (2004) können keine detaillierteren Vergleiche angestellt werden.

8.2.2 Wertbezogene Komponente

Die geringen Effekte der Schülerlaborbesuche auf die wertbezogene Komponente des aktuellen Interesses waren vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Wertschätzung dem Besuch des Schülerlabors gegenüber abgefragt wurde und weniger auf die behandelten Themen bzw. das durchlaufene Curriculum abzielte. Die Instruktion im Schülerlabor UniLab war zwar anders als in der Schule, es blieb für die Schüler dieser Altersklasse aber immer noch eine Art Unterricht. Dies führte vermutlich zu dem Ergebnis, dass sich die Verläufe der wertbezogenen Komponente beider Gruppen ähneln. Der Einfluss der Schulnähe wiegt offenbar schwerer als die Unterschiede der Einbindung. Die möglichen positiven Effekte einer Einbindung wurden dadurch überdeckt.

Allerdings ist tendenziell zu erkennen, dass sich bei der Gruppe ohne Einbindung ein leicht alternierender Verlauf darstellte, während die Einbindungsgruppe konstanten Verlauf aufwies. Außerdem scheint der Abfall der Werte von Messzeitpunkt 1 auf 5 bei der Gruppe ohne Einbindung darauf hinzudeuten, dass der Wertbezug im Laufe der Untersuchung abnahm, während die Werte der Einbindungsgruppe konstant blieben. Hier mögen sich erste Anzeichen für einen Einbindungseffekt andeuten, der statistisch jedoch nicht nachweisbar ist.

Es ist aber auch bei dieser Komponente festzuhalten, dass die Einbindung in den Unterricht offensichtlich keinen negativen Effekt hervorbrachte. Trotz der thematischen Ähnlichkeit zum Unterricht war die Wertschätzung der Untersuchungsgruppe auf dem gleichen Niveau wie die der Kontrollgruppe. Darüberhinaus zeigte die Gruppe mit Einbindung im Vergleich zu jener ohne keinen Abfall der wertbezogenen Komponente. Auch dies mag einen Hinweis darauf geben, dass sich die Einbindung positiv auswirkt.

Der große Unterschied zwischen den Werteniveaus der wertbezogenen Komponente zur emotionalen trifft auf beide Gruppen zu und lässt analog zu Betrachtung der 5. Klassen in Kapitel 7.2.2 auf Seite 117 darauf schließen, dass beide Komponenten tatsächlich verschiedene Aspekte erheben. Wieder wird deutlich, dass das durch die emotionale Komponente erhobene Ausmaß an positiven Gefühlen um einiges höher liegt als die Bedeutsamkeit des Besuchs, ausgedrückt durch niedrigere Werte der wertbezogenen Komponente. Auch bei dieser Altersklasse ist davon auszugehen, dass diese Entwicklung nicht zu verhindern ist, da die Schüler verschiedene Einstellungen mitbrachten, die sich vor allem in niedrigeren Werten der wertbezogenen aber auch der epistemischen Komponente äußerten.

Ein Vergleich mit Engeln (2004) ist interessant: Während das Niveau der wertbezogenen Komponente bei beiden Untersuchungen direkt nach einem Besuch näherungsweise identisch war, bietet sich im zeitlich verzöger-

ten Nachtest ein anderes Bild. Die Ergebnisse von Engeln (2004) zeigen ein signifikantes Ansteigen dieser Komponente in der interventionsfreien Zeit. Wie bereits auf den Seiten 117 ff. bei den Schülern der 5. Jahrgangsstufe diskutiert, war die mittelfristig positive Entwicklung der wertbezogenen Komponente vermutlich Folge der von ihr untersuchten Schülerlabore, die spezielles Augenmerk auf authentische Erfahrungen im Wissenschaftsbetrieb legten. Diese Erfahrungen haben vermutlich gerade deshalb eine nachhaltigere Wirkung, da den Schülern die Unterschiede zum normalen Schulunterricht gerade in der Zeit nach dem Besuch in einem solchen Schülerlabor umso mehr offensichtlich wurden. Dies kann jedoch für den Unterricht kontraproduktive Effekte mit sich bringen, da er mit dieser außergewöhnlichen Erfahrung nicht konkurrieren kann. Es ist legitim zu vermuten, dass der Unterricht aufgrund der neuen Erfahrung des Schülerlaborbesuchs noch sehr viel weniger attraktiv als vorher erscheint. Auch Brandt (2005) mahnt diese Gefahr an (siehe Seite 33 in Kapitel 2.3.2) und spricht sich daher dafür aus, den Besuch in einem außerschulischen Lernort mit dem Unterricht zu verkoppeln. Dies hatte in der vorliegenden Untersuchung zumindest die Folge, dass sich die wertbezogene Komponente der Schüler mit Einbindung konstant verhielt.

Im Gegensatz zu den 5. Klassen finden sich bei den 8. Klassen aber Werteneaus, die mit jenen aus Engeln (2004) vergleichbar sind. So berechnete sie Werte von 0.52 (bzw. 0.58 im Nachtest), während hier Werte von 0.54 (0.55 im Nachtest) bei der Einbindungsgruppe und 0.57 (0.53 im Nachtest) bei der Gruppe ohne Einbindung erzielt wurden. Dies deutet an, dass das Alter der Schüler offenbar eine große Rolle bei der Entwicklung des aktuellen Interesses spielt. Für genauere Diskussion dieses Effekts sei auf Kapitel 9 verwiesen.

8.2.3 Epistemische Komponente

Bei der Gruppe mit Einbindung war zunächst zu bemerken, dass auf einen Besuch im Schülerlabor kein Abfallen der epistemischen Komponente folgte. Die Schüler hatten ein gleich bleibend konstantes Verlangen, mehr über die Inhalte zu erfahren. Ein starkes Schwanken des Interesses blieb aus. Es kann hier gefolgert werden, dass die enge Verknüpfung von Instruktion am außerschulischen Lernort mit dem Unterricht in der Schule zu einer Stabilisierung des aktuellen Interesses und somit zu "Hold"-Effekten führen kann. Da viele Konzepte wechselseitig im angepassten Curriculum und in den Schülerlaborbesuchen entwickelt wurden, erkannten die Schüler einen Sinn im Besuch des Schülerlabors. Inhalte wurden aufgegriffen, im Unterricht weiterentwickelt und die Schüler können sich im weiteren Verlauf des Curriculums auf ihre Arbeiten im Schülerlabor berufen und so einen Beitrag zum Unterricht liefern, den sie sich selbst erarbeitet hatten.

Bereits im Modul 1, Licht und Schatten, wurde beispielsweise die herausgehobene Bedeutung des Beobachtens und des Beobachters deutlich, die sowohl in den folgenden Modulen als auch im Curriculum eine prominente Rolle besetzte. Während sich der klassische Unterricht zur Strahlenoptik der Phänomene von der abgelösten Perspektive nähert, steht in der phänomenorientierten Optik des verwendeten Curriculums die eingebundene Perspektive im Vordergrund. Die Schüler mit Einbindung praktizierten das sogenannte "Prinzip Ameise" (siehe Seite 61) auch im Schulunterricht und Experimente der Besuche wurden auf diese Weise aufgegriffen. Das explizite Aufbauen der Module aufeinander und der damit zusammenhängende enge zeitliche Bezug zu den Inhalten des Curriculums ließ die Schüler Anknüpfungspunkte zum curricularen Verlauf des Unterrichts erkennen.¹

Bei der Gruppe ohne Einbindung war die Sachlage eine andere: Die epistemische Komponente stieg nach jedem Besuch sprunghaft an, es schien sich bei jedem Besuch eine Art Neuigkeitseffekt einzustellen. Die Experimente und die Herangehensweise waren für die Schüler immer wieder neu und anregend, was dazu führte, dass die Schüler nach dem Besuch das Bedürfnis hatten, mehr über das Thema des Schülerlaborbesuchs zu erfahren. Ein Wiederaufgreifen der Inhalte im Unterricht fehlte jedoch. Der Wunsch nach Wissenserwerb fiel daher nach wenigen Wochen wieder signifikant ab. Der Besuch hatte demnach zwar einen positiven aber auch nur kurzfristigen Einfluss auf die epistemische Komponente: Dem "Catching" folgte im Gegensatz zu der Gruppe mit Einbindung kein "Holding". Dies zeigte sich auch daran, dass der Wert der epistemischen Komponente bei dieser Gruppe zwischen den Messzeitpunkten 1 und 5 tendenziell abfiel und dass die Varianzanalyse im Gegensatz zu der Gruppe mit Einbindung einen signifikanten Effekt der Zeit aufdeckt. Die signifikante Interaktion erster Ordnung der Zeit mit der Einbindung der Varianzanalyse unterstreicht, dass die Schülerlaborbesuche für beide Gruppen offenbar unterschiedlich gewirkt hatten.

Im Unterschied zu der anderen Gruppe besteht daher die Gefahr, dass die Schüler ohne Einbindung den Besuch lediglich als "Spaßveranstaltung" ohne pädagogischen Mehrwert wahrnahmen. Dafür spricht auch die Tatsache, dass die Einbindungsgruppe gegenüber der Gruppe ohne Einbindung nach Ende des Interventionszeitraums einen höheren Wert der epistemischen Komponente aufwies.

Die fehlende positive Entwicklung der epistemischen Komponente bei der Gruppe mit Einbindung unmittelbar nach einem Besuch kann unter Umständen auf die Reduzierung der kognitiven Aspekte des "Novelty Space" zurück-

¹Im Kapitel 6.2 ist näher ausgeführt, wie sich die Vernetzung mit dem Optikcurriculum (Kapitel 4) darstellte.

geführt werden, die sich, wie aus den vorigen Abschnitten bereits diskutiert wurde, mit großer Wahrscheinlichkeit negativ auf die Interessenentwicklung auswirkt. So verhinderte die ausführliche Thematisierung der Inhalte der Module auch im Unterricht eine Steigerung der epistemischen Komponente direkt im Anschluss an den Besuch. Die Schüler waren mit den Herangehensweisen und Methoden bereits vertraut, der "Neuigkeitsseffekt" bei den Schülern ohne Einbindung, der sich in einer kurzfristigen Steigerung des Interesses äußerte, blieb aus. Vor dem Hintergrund einer daraus resultierenden nachhaltigeren Wirkung der Schülerlaborbesuche scheint es jedoch Wert zu sein, dies in Kauf zu nehmen.

Entsprechend Kapitel 7.2.3 sollte der große Unterschied in den Werten der epistemischen Komponente zu denen der emotionalen und wertbezogenen nicht zu negativ aufgefasst werden. Auch hier gilt die Feststellung, dass es viel einfacher ist, eine für die Mehrzahl der Schüler emotional ansprechende Lernumgebung zu entwickeln als eine, die die Schüler wünschen lässt, mehr über die Inhalte erfahren zu wollen. Insbesondere in dieser Altersklasse, in der sich die Interessen der Schüler bereits weitestgehend ausgebildet haben und stabil sind, ist es offenkundig, dass es nicht gelingen kann, die Mehrzahl der Schüler für ganz bestimmte Inhalte zu begeistern. Dazu sind die Interessen gerade auch in Bezug auf Schulfächer und den damit verbundenen Themen viel zu breit gestreut (siehe dazu auch Kapitel 3.5 auf Seite 47).

Eine Gegenüberstellung mit der Untersuchung von Engeln (2004) zeigt teilweise große Unterschiede. Für die Gruppe mit Einbindung war mit einem Wert von 0.45 (bzw. 0.43 im Nachtest) über den gesamten Erhebungszeitraum ein deutlich höherer Wert der epistemischen Komponente festzustellen als bei Engeln (2004) mit 0.36 (bzw. 0.32 im Nachtest). Ein Absinken war im Gegensatz zu Engeln (2004) bei dieser Gruppe nicht festzustellen. Hier machte sich vermutlich die Einbindung in den Unterricht positiv bemerkbar. Die Werte der Gruppe ohne Einbindung hingegen schwankten je nach Messzeitpunkt um den Wert, den auch Engeln (2004) festgestellt hatte (0.44 bzw. 0.32 im Nachtest).

Ein weiterer Vergleich bietet sich an. Wie in Kapitel 2.3.2 auf Seite 34 geschildert, wurde in Flexer und Borun (1984) festgestellt, dass der Wunsch, mehr über die Inhalte zu erfahren, bei einer Gruppe ohne Vorbereitung im Anschluss an einen Besuch in einem Science Museum größer war.² Dieses Verhalten ist auch bei der vorliegenden Untersuchung am Zeitpunkt 2 zu erkennen. Die abfallende Tendenz der nicht-Einbindungsgruppe verhindert, dass auch Messzeitpunkt 4 einen höheren Wert aufweist. Dennoch ist er-

²Da die epistemische Komponente etwas ähnliches abfragt, können beide Ergebnisse verglichen werden.

kennbar, dass nur die Gruppe ohne Einbettung Ausschläge nach oben zeigte. Leider wurden in Flexer und Borun (1984) keine langfristigen Effekte untersucht, so dass keine Daten über die mittelfristige Wirkung dieses Effekts vorliegen. Allerdings zeigen Jarvis und Pell (2005), dass davon auszugehen ist, dass das Interesse im Laufe der Zeit abfällt. Beide Vorkommnisse würde die vorliegende Studie damit bestätigen und auf die fehlende Einbindung der Besuche zurückführen.

8.3 Individuelles Interesse

8.3.1 Ergebnisse

Wie bei den 5. Klassen wurde auch das individuelle Interesse für die Gruppen mit und ohne Einbindung bestimmt. Dazu wurde analog ein Fragebogen zum Sachinteresse an physikalischen Themen verwendet. Die Ergebnisse des Vor- und Nachtests sind Tabelle 8.10 zu entnehmen. Man erkennt, dass beide Gruppen vergleichbare Niveaus aufweisen und sich keine signifikante Änderung des individuellen Interesses im Interventionszeitraum ergibt.

	Vortest		Nachtest		<i>t</i>	<i>p</i>
	Mittelwert	<i>SD</i>	Mittelwert	<i>SD</i>		
mit Einbindung	3.09	0.69	3.15	0.66	-0.57	.572
ohne Einbindung	3.24	0.57	3.05	0.54	0.63	.545

Tabelle 8.10: Ergebnisse des Vor- und Nachtest zum individuellen Interesse an Physik (Sachinteresse) von den Gruppen mit und ohne Einbindung (mit Einbindung: $n = 33$, $df = 32$, ohne Einbindung: $n = 9$, $df = 8$).

	Vortest		Nachtest		<i>t</i>	<i>p</i>
	Mittelwert	<i>SD</i>	Mittelwert	<i>SD</i>		
Mädchen	3.37	0.63	3.28	0.63	0.66	.520
Jungen	2.89	0.68	3.06	0.61	-1.26	.224

Tabelle 8.11: Ergebnisse des Vor- und Nachtest zum individuellen Interesse an Physik (Sachinteresse) von Mädchen und Jungen der Gruppe mit Einbindung (Mädchen: $n = 14$, $df = 13$, Jungen: $n = 19$, $df = 18$).

Zusätzlich wurde für die Gruppe mit Einbindung der Verlauf des individuellen Interesses für Mädchen und Jungen untersucht (Tabelle 8.11). Bei beiden Geschlechtern war keine signifikante Veränderung zu beobachten. Während das Interesse der Mädchen tendenziell fiel, stieg es bei den Jungen an. Zusätzlich ergibt ein Vergleich der Messwerte, dass ein signifikanter Unterschied zu Gunsten der Mädchen im Vortest vorlag ($t(33) = -2.18$, $p = .038$, $d = 0.75$). Da die Gruppe ohne Einbindung lediglich aus 10 Schülern bestand, wurde diese Gruppe nicht weiter ausdifferenziert.

8.3.2 Diskussion

Wie schon bei den Schülern der 5. Klassen in Kapitel 7 zeigte sich auch hier ein konstantes individuelles Interesse über den Interventionszeitraum. Offenbar hatten die Besuche keinen Einfluss auf die Entwicklung des individuellen Interesses. Da es sich beim individuellen Interesse um ein langsam änderndes Merkmal handelt, ist dies nicht überraschend und gibt die Erfahrung anderer Untersuchungen wieder. Ebenso wurde auch hier deutlich, dass Mädchen eher einen Interessenabfall erfuhren, während das Interesse bei den Jungen anstieg. Da beide Gruppen jedoch auch unterschiedliche Startwerte aufwiesen und der Abfall bzw. der Anstieg nicht-signifikant war, wird von einer Verallgemeinerung dieser Tendenz abgesehen.

Auch bei dieser Altersklasse stimmen die Werte des Sachinteresses an Physik gut mit jenen der IPN-Studie überein. Dort sind Werte von ca. 3.1 (Mädchen: 3.0, Jungen: 3.3) angegeben (aus: Hoffmann et al., 1998, S. 32). Der Anteil der Schüler mit hohem bis sehr hohem Interesse ist in den Studien des IPN mit ca. 41% beziffert (Hoffmann und Lehrke, 1986). Hier liegt der Wert bei 37%.

8.4 Einfluss des individuellen Interesses auf die Entwicklung des aktuellen Interesses

Die Interessentheorie sagt voraus, dass sich interessesteigernde Maßnahmen besonders dann positiv auswirken, wenn bereits vorher Interesse am Gegenstand bestanden hat. Im Zusammenhang mit Schülerlaborbesuchen soll jener Zusammenhang mit dieser Untersuchung ergründet werden.

8.4.1 Ergebnisse

Aufgrund der unausreichenden Anzahl von Probanden bei der Gruppe ohne Einbindung der Besuche, wird nur die Gruppe mit Einbindung näher betrach-

tet. Ein Mediansplit führt zu zwei Subgruppen, deren Verlauf der Werte der drei Komponenten des aktuellen Interesses aufgetragen ist. Die Daten sind im Anhang in den Tabellen 11.9 bis 11.10 auf der Seite 197 zu finden. Die Auftragungen sind in den Abbildungen 8.4 bis 8.6 dargestellt.

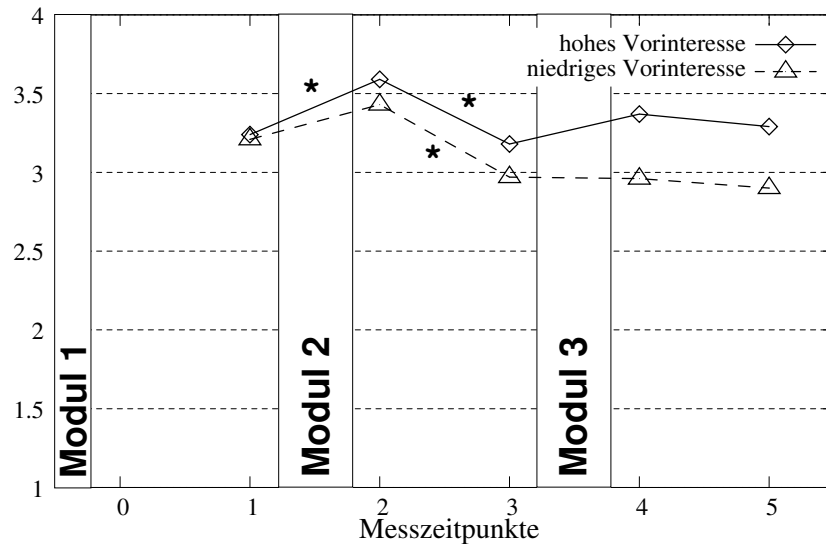


Abbildung 8.4: Visualisierung der Messdaten aus den Tabellen 11.9 und 11.10 auf Seite 197 zum Verlauf der emotionalen Komponente des aktuellen Interesses bei Berücksichtigung des Vorinteresses.

Ein t-Test offenbart einen signifikanten Unterschied der beiden mediangesplitteten Gruppen im individuellen Interesse ($t(33) = 8.32, p = .000, d = 2.83$). Eine univariate Varianzanalyse mit Messwiederholung ergibt für alle drei Komponenten des aktuellen Interesse keinen signifikanten Einfluss des Vorinteresses (emotional: $F(1, 33) = 3.90, p = .057$, wertbezogen: $F(1, 33) = 2.03, p = .163$, epistemisch: $F(1, 33) = 2.39, p = .132$). Betrachtet man jedoch die dazugehörigen Kurven des aktuellen Interesses, so sind gewisse Besonderheiten feststellbar. Bei der emotionalen Komponente waren ähnliche Verläufe zwischen beiden Gruppen zu erkennen, die sich nur durch einen Offset voneinander unterschieden. Bei der wertbezogenen und epistemischen Komponente dagegen wird deutlich, dass sich das aktuelle Interesse für beide Gruppen verschieden entwickelte. Obwohl sich beide Gruppen zum Zeitpunkt 1 auf gleichen Niveaus befanden (bei der wertbezogenen war der Wert der Gruppe mit niedrigerem individuellen Interesse sogar leicht höher) trennten sich die Verläufe scherenartig: Das aktuelle Interesse der interessierteren Schüler stieg kontinuierlich an, das der weniger interessierten Schüler sank stetig ab. Beim Vergleich des ersten und letzten Messzeitpunktes erkennt

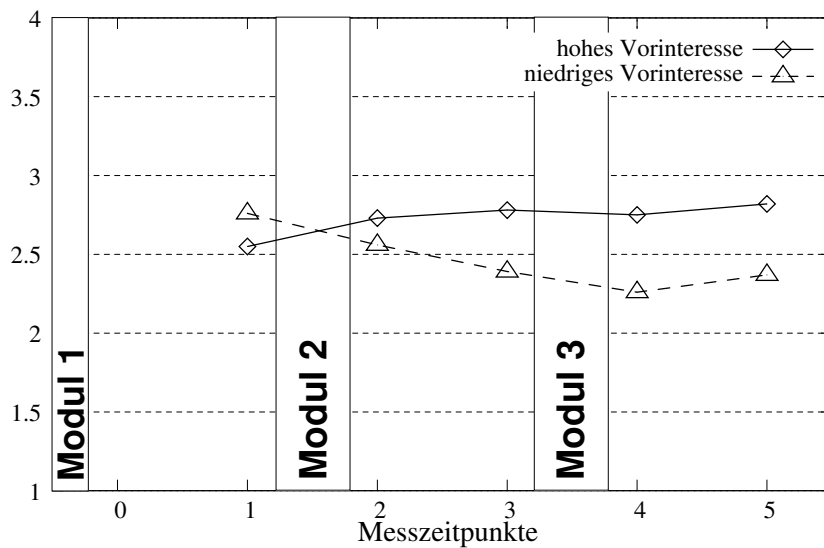


Abbildung 8.5: Visualisierung der Messdaten aus den Tabellen 11.9 und 11.10 auf Seite 197 zum Verlauf der wertbezogenen Komponente des aktuellen Interesses bei Berücksichtigung des Vorinteresses.

man bei den Schülern mit hohem individuellen Interesse nur bei der wertbezogenen Komponente einen signifikanten Anstieg ($t(16) = -2.25$, $p = .039$, $d = 0.48$), während die emotionale und epistemische Komponente lediglich nicht-signifisant anstiegen. Bei der Gruppe mit niedrigerem Interesse sanken alle Komponenten ab, die wertbezogene und die epistemische sogar signifikant (wertbezogen: $t(17) = 2.45$, $p = .025$, $d = 0.60$, epistemisch: $t(17) = 2.75$, $p = .014$, $d = 0.51$).

Berechnet man t-Tests mit ungepaarten Stichproben für jeden Messzeitpunkt einzeln, so erhält man bei allen drei Komponenten signifikante Unterschiede zum Zeitpunkt 5 (emotional: $t(33) = 2.25$, $p = .032$, $d = 0.67$, wertbezogen: $t(33) = 2.08$, $p = .046$, $d = 0.70$, epistemisch: $t(33) = 2.11$, $p = .043$, $d = 0.69$). Bei der wertbezogenen Komponente sind zusätzlich die Messwerte zum Zeitpunkt 4 verschieden ($t(33) = 2.07$, $p = .046$, $d = 0.71$).

8.4.2 Diskussion

Wie die Interessentheorie vorhersagt, scheint ein großes Interesse bei dieser Altersklasse an den Inhalten und Handlungen für eine weitere Steigerung des Interesses begünstigend zu wirken. Der konstante Gesamtverlauf der hier näher untersuchten Gruppe mit Einbindung bei der wertbezogenen und der epistemischen Komponente war also darauf zurückzuführen, dass der Anstieg der Schüler mit hohem Vorinteresse den Abfall derjenigen mit niedrigem In-

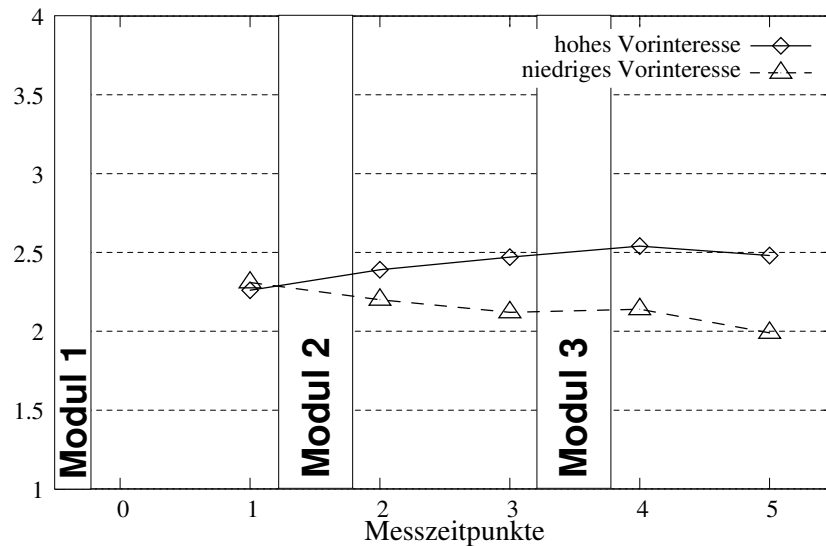


Abbildung 8.6: Visualisierung der Messdaten aus den Tabellen 11.9 und 11.10 auf Seite 197 zum Verlauf der epistemischen Komponente des aktuellen Interesses bei Berücksichtigung des Vorinteresses.

teresse ausglich.

Es fällt auf, dass die wertbezogene und die epistemische Komponente des aktuellen Interesses nur derjenigen Schüler anstieg, die auch vorher schon größeres Interesse an physikalischen Themen hatten. Auf der einen Seite ist dies ein positives Ergebnis, zeigt es doch die Möglichkeit, das aktuelle Interesse im Sinne von "Hold"-Faktoren, wie z. B. einer Einbindung mittelfristig nicht nur zu stabilisieren, sondern sogar zu steigern. Auf der anderen Seite jedoch sank das Interesse derjenigen Schüler ab, die von vornherein schon weniger Interesse an der Physik hatten. Für diese Schüler hatten die Besuche einen gegenteiligen Effekt. Ob dies an den wiederholten Besuchen oder an der Einbindung lag, kann nicht eindeutig geklärt werden. Es ist jedoch zu vermuten, dass für diese Schüler ein negativer "Hold"-Effekt wirkte. Da sie sich schon vor den Interventionen weniger für physikalische Inhalte interessiert hatten, wog es umso schwerer, dass die Inhalte aus dem Physikunterricht zusätzlich auch bei den Besuchen im Schülerlabor behandelt wurden. Ohne Einbindung wäre unter Umständen zu erwarten, dass die reinen Besuchereignisse ohne Einbindung keine derartig negative Auswirkung auf die Interessenentwicklung haben würden. Zwar wäre auch in diesem Falle Physik Gegenstand des Besuchs, doch würde vermutlich gerade dann eine thematische und räumliche Loslösung des Besuchs von der Schule einen positiven Beitrag zur Interessenentwicklung leisten. In diesem Falle wäre gerade die fehlende Verbindung zum Unterricht eine Motivation für die Schüler, sich

mit den Inhalten unvoreingenommen zu beschäftigen. Dies hätte jedoch nur eine kurzfristige Interessensteigerung zur Folge, wie die Werte der Gruppe ohne Einbindung nahe legen.

Leider ist es mit den vorliegenden Daten nicht möglich, diese Schere auf die Einbindung oder dem mehrmaligen Besuch des Labors zurückzuführen. Ein Vergleich mit den Ergebnissen der 5. Klassen gibt dahingehend einige Hinweise, denen im Kapitel 9 nachgegangen wird.

Die Werte dieser Studie entkräften daher die Erkenntnisse aus Falk und Adelman (2003), die feststellten, dass nach einem Besuch in einem außerschulischen Lernort nur diejenigen Probanden Interessenzuwachs zeigten, die vor der Intervention geringes bis mittleres Interesse hatten (siehe Seite 30). Der erwähnte Deckeneffekt und die teilweise geringe Probandenzahl in der zitierten Studie mögen Gründe für die anderslautenden Aussagen sein.

Der in Abschnitt 8.2.1 auf Seite 138 ff. beschriebene "Gewöhnungseffekt" bei der emotionalen Komponente spielte dagegen sowohl bei den interessierteren aber auch bei den uninteressierteren Schülern eine Rolle. Beide Gruppen zeigten zum Modul 3 hin einen abflachenden Verlauf, wobei hier zumindest tendenziell die interessiertere Gruppe noch dazugewann, was sich in einem signifikant verschiedenen Endwert äußerte. Trotzdem schien eine derartige Schere, wie sie bei den anderen beiden Komponenten zu beobachten war, nicht vorzuliegen. Der Besuch in einem Schülerlabor wirkte demnach sowohl auf die interessierten als auch auf die weniger interessierten ähnlich positiv. Dieser Sachverhalt ist durchaus ermutigend zu werten, da er ausdrückt, dass der Besuch, obwohl er physikalisch orientiert war, durchaus das Potential hatte, auch die weniger interessierten Schüler anzusprechen. Dies ist insofern erklärbar, als dass die emotionale Komponente vom Inhalt mehr oder weniger unabhängige Gefühlseinschätzungen abfragt, die vermutlich eher ihren Ursprung in den Einstellungen zur räumlichen Umgebung, zu den Betreuern und der gesamten eher informell ausgelegten Lernsituation haben. Diese Einstellung ist daher wenig von dem individuellen Interesse vor den Besuchen abhängig.

8.5 Einfluss des Geschlechts auf die Entwicklung des aktuellen Interesses

Da von der Gruppe ohne Einbindung leider nur wenige Probanden zu Verfügung standen, wird in diesem Abschnitt ebenfalls nur zwischen der Entwicklung des aktuellen Interesse bei Mädchen und Jungen der Einbindungsgruppe unterschieden.

8.5.1 Ergebnisse

Dieser Teil der Untersuchung ist nicht zentral für die Arbeit, daher wird auf die ausführliche Darstellung der Daten verzichtet. Der Vollständigkeit halber sind die Tabellen im Anhang auf den Seiten 200 bis 202 zu finden. Die Auftragungen der Werte sind in den Abbildungen 8.7 bis 8.9 dargestellt.

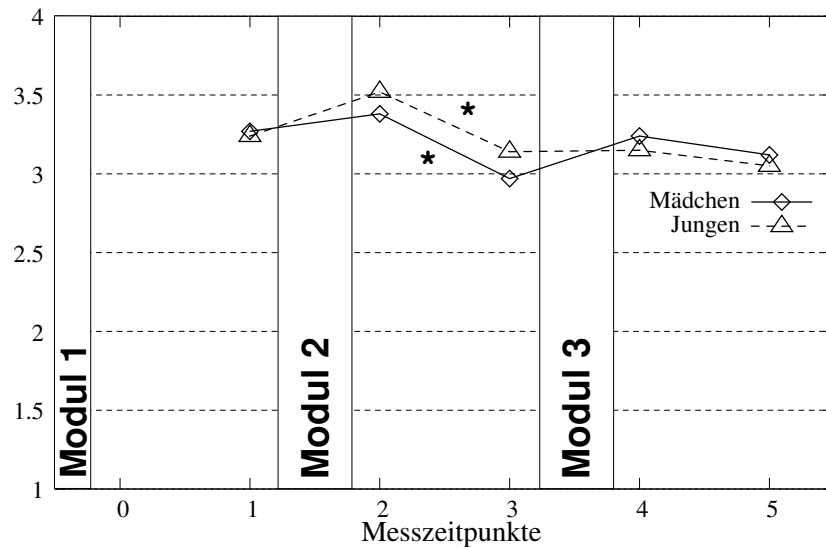


Abbildung 8.7: Zum Einfluss des Geschlechts auf die emotionale Komponente des aktuellen Interesses. Visualisierung der Messdaten der emotionalen Komponente aus den Tabellen 11.13 bis 11.16 auf Seite 202f.

Die Messergebnisse zeigen, dass sich die Entwicklung der verschiedenen Komponenten des aktuellen Interesses zum Teil sehr zwischen Mädchen und Jungen unterschieden. Während sich beide Gruppen bei der emotionalen Komponente (Abbildung 8.7) ähnlich entwickelten, sind bei der epistemischen (Abbildung 8.9) aber vor allem auch bei der wertbezogenen Komponente (Abbildung 8.8) große Unterschiede auszumachen. Zwar zeigten Mädchen und Jungen bei letzteren Komponenten ähnliche Verläufe, sie unterschieden sich jedoch beträchtlich im Niveau der Messwerte. Bei der wertbezogenen Komponente liefert eine univariate Varianzanalyse mit Messwiederholung einen signifikanten Einfluss des Geschlechts ($F(1, 35) = 6.39$, $p = .016$, $f = 0,43$), während die anderen Komponenten keine Signifikanzen zeigen (emotionale Komponente: $F(1, 35) = 0.02$, $p = .901$, epistemische Komponente: $F(1, 35) = 1.68$, $p = .204$).

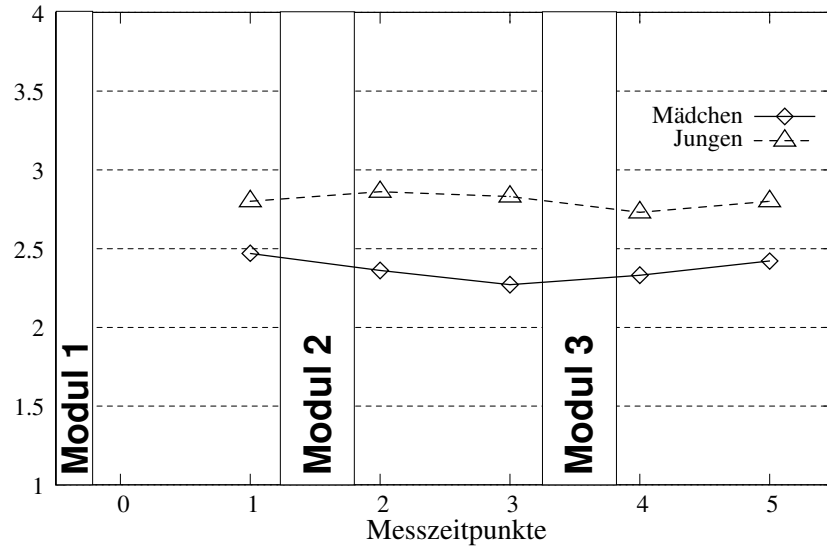


Abbildung 8.8: Zum Einfluss des Geschlechts auf die wertbezogene Komponente des aktuellen Interesses. Visualisierung der Messdaten der wertbezogenen Komponente aus den Tabellen 11.13 bis 11.16 auf Seite 202f.

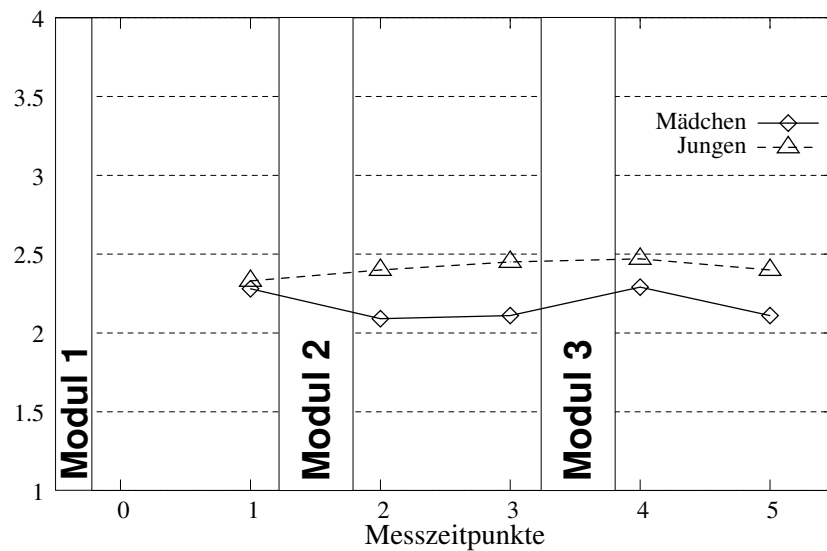


Abbildung 8.9: Zum Einfluss des Geschlechts auf die epistemische Komponente des aktuellen Interesses. Visualisierung der Messdaten der epistemischen Komponente aus den Tabellen 11.13 bis 11.16 auf Seite 202f.

8.5.2 Diskussion

Es erscheint ermutigend, dass sich sowohl Mädchen als auch Jungen bei einem Besuch im Schülerlabor UniLab ähnlich wohl fühlten. Es liegt jedoch im Interesse der Schülerlabore auch die Bedeutsamkeit und vor allem auch den Wunsch, mehr über die behandelten Inhalte erfahren zu wollen, bei Mädchen und Jungen gleichsam zu fördern.

Leider schien es für die Mädchen und Jungen dieser Untersuchung nicht zu gelingen. Vor allem bei der wertbezogenen Komponente sind signifikante Diskrepanzen zu beobachten. Den Jungen gelang es eher, dem Besuch eine besondere Bedeutung einzuräumen, während sich Mädchen vergleichsweise verhalten zeigten. Da die Mädchen im Vortest signifikant höheres individuelles Interesse aufwiesen, scheint die Vermutung jedoch nicht haltbar, dass sich eine der Forschungslage nach zu urteilende negativere Einstellung zum Fachinhalt der Mädchen negativ auf die Entwicklung des aktuellen Interesses auswirkte. Der genaue Grund dieser Entwicklung kann daher nicht abschließend erörtert werden.

Bei näherer Betrachtung der Werte der epistemischen Komponente fällt auf, dass das Interesse der Mädchen zum Messwert 2 hin (nach Modul 2) tendenziell abfiel und zum Messwert 4 (nach Modul 3) anstieg. Dies mag einen Hinweis darauf geben, dass die Inhalte des Moduls 2 bei den Mädchen nicht auf eine ähnliche Resonanz wie bei den Jungen stießen, die hier zumindest annähernd konstanten Verlauf zeigten. Dagegen schien Modul 3 bei den Mädchen eher den Wunsch zu induzieren, mehr über die Inhalte erfahren zu wollen. Da sich dieses Modul mit Farben beschäftigte und mit der Systematik der Farbmischung auch Aspekte aus dem Kunstunterricht aufgriff, der bei Mädchen beliebter als bei Jungen ist (Hoffmann et al., 1997, S. 19), scheint diese Annahme glaubhaft.

Es liegen leider nicht ausreichend Daten vor, um diese Entwicklung mit einer Gruppe zu vergleichen, die die Besuche nicht in den Unterricht eingebunden hat. Das noch niedrigere Niveau der epistemischen Komponente der Gesamtgruppe ohne Einbindung in Abbildung 8.3 auf Seite 136 lässt darauf schließen, dass die Einbindung nicht ausschlaggebender Grund für das niedrigere Niveau der Mädchen dieser Gruppe war. Zwar zeigte auch Engeln (2004), dass in ihrer Untersuchung zwischen den Geschlechtern bei allen Komponenten Unterschiede vorlagen, diese befanden sich jedoch auf einem nicht-signifikanten Niveau.

Zusammenfassend kann also für das untersuchte Schülerlabor und diese Altersklasse keine Unabhängigkeit der Interessenentwicklung bezüglich des Geschlechts festgestellt werden.

8.6 Zusammenfassung

Der vorliegende Untersuchungsteil hatte das Ziel, Effekte im Verlauf des aktuellen Interesses bei Schülerlaborbesuchen mit und ohne curricularer Einbindung aufzudecken. Ernüchternd erscheint zunächst die Tatsache, dass Schülerlabore das Interesse von Schülern an Physik weder langfristig sichern noch mittelfristig stabilisieren können. Vielmehr scheint vor allem die epistemische Komponente bei der Gruppe ohne Einbindung stark zu schwanken. Gewecktes Interesse geht nach einem Besuch schnell wieder verloren.

Zu einer Interessensicherung bedarf es zusätzlicher Bemühungen wie z. B. einer intensiveren Zusammenarbeit zwischen Schule und Schülerlabor bzw. außerschulischem Lernort im Allgemeinen. Dies kann in Form von abgestimmten Vor- und Nachbereitungen der Besuche erfolgen. Ob sich hierdurch jedoch die vermuteten und wünschenswerten "Hold"-Komponenten (Mitchell, 1993) ergeben, muss eine zukünftige überprüfende Untersuchung klären. Die hier präsentierten Ergebnisse scheinen auf einen solchen Effekt jedoch hinzudeuten. Die Schüler erkannten den inhaltlichen und methodischen Bezug des Besuchs im Schülerlabor zum Unterricht in der Schule und wussten, dass das im Schülerlabor Gelernte im Unterricht thematisiert werden würde. Sie konnten leichter Verknüpfungen herstellen und sich im weiteren Unterrichtsverlauf explizit auf Methoden und Experimente des Besuchs beziehen. Die Schüler erkannten generell, dass die Besuche in einem Gesamtzusammenhang stattfanden und nicht losgelöst waren von curricularen Zusammenhängen.

Eine fehlende Verknüpfung der Besuche mit dem Unterricht kann demnach leicht eine Art "Ausflugscharakter" forcieren, der bestenfalls nur kurzfristige positive Effekte hervorrufen kann (siehe auch Seite 33 in Kapitel 2.3.2). Bei einer Einbindung können die Schüler dagegen sowohl die informelle Lernumgebung des außerschulischen Lernortes, als auch die formelle Umgebung der Schule aufeinander beziehen und ordnen somit den Besuchen eine größere Sinnhaftigkeit zu, die gemäß Mitchell (1993) dazu führt, dass sich das Interesse stabilisiert. Die auf Seite 38 in Griffin und Symington (1997) zitierte Schüleraussage macht diesen Zusammenhang zwingend: "It [der Besuch, Anm. d. Autors] needs to have something to do with school so we can relate what we're seeing here to what we're doing at school".

Zumindet kann man in der Gesamtbetrachtung dieser Gruppe keinen negativen Effekt bzgl. des aktuellen Interesses erkennen. Schüler schätzten den Wert des außerschulischen Lernortes nicht schlechter ein und wiesen den Schülerlaborbesuchen keine emotional schwächere Bindung auf, wenn dort Themen und Ansätze des Schulunterrichts aufgegriffen wurden. Jedoch kann festgestellt werden, dass ein vorher bestehendes Interesse die Entwicklung des aktuellen Interesses positiv begünstigt. Dies kann aber auch die Folge haben,

dass sich ein fehlendes Interesse von Schülern negativ auf diese Entwicklung auswirkt.

Zusätzlich zeigt diese Teilstudie, dass in dieser Altersklasse Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen vorlagen. Diese äußerten sich zwar in keinem signifikant verschiedenen individuellen Interesse, die Verläufe des aktuellen Interesses während des Interventionszeitraumes unterschieden sich zum Teil aber sehr zu Gunsten der Jungen. Genauere Gründe hierfür können nicht angegeben werden, da die Erörterung von geschlechtsspezifischen Unterschieden nicht im Zentrum der Untersuchung lag.

Hypothesen

Dieser Teil der Untersuchung motiviert die Formulierung folgender Hypothesen für zukünftige Untersuchungen:

- Ein- oder mehrmalige Besuche eines außerschulischen Lernortes ohne Einbindung in den Unterricht rufen nur kurzfristige Steigerungen der emotionalen, wertbezogenen und epistemischen Komponente des aktuellen Interesses von Schülern der 8. Jahrgangsstufe an den Inhalten der Lerneinheiten hervor.
- Mehrmalige Besuche eines außerschulischen Lernortes ohne Einbindung in den Unterricht beeinflussen insofern die emotionale, wertbezogene und epistemische Komponente des aktuellen Interesses von Schülern der 8. Jahrgangsstufe an den Inhalten der Lerneinheiten, als dass auf ein Ansteigen unmittelbar nach einem Besuch ein Abfallen in einem mehrwöchigem Abstand dazu folgt.
- Die curriculare Verknüpfung mehrmaliger Besuche eines außerschulischen Lernortes mit dem Schulunterricht führt zu einer Stabilisierung der wertbezogenen und der epistemischen Komponente des aktuellen Interesses von Schülern der 8. Jahrgangsstufe an den Inhalten der Lerneinheiten.
- Die curriculare Verknüpfung mehrmaliger Besuche eines außerschulischen Lernortes mit dem Schulunterricht hat keinen Einfluss auf die Entwicklung der emotionalen Komponente des aktuellen Interesses von Schülern der 8. Jahrgangsstufe an den Inhalten der Lerneinheiten.
- Ein- oder mehrmalige Besuche eines außerschulischen Lernortes haben keinen Einfluss auf die Entwicklung des individuellen Interesses an Physik von Schülern der 8. Jahrgangsstufe.

Kapitel 9

Ergebnisse des Vergleichs der 5. und 8. Klassen

Zusätzlich zu den vorangegangenen Kapiteln, die die Ergebnisse der Untersuchungen an den 5. und 8. Klassen jeweils getrennt präsentierten, soll sich dieses Kapitel auf den expliziten Vergleich beider Gruppen konzentrieren. Über diesen Vergleich sollen Allgemeinheiten erkannt und auf offene Fragen der vorigen Kapitel eingegangen werden.

9.1 Aktuelles Interesse

Aus den Kapiteln zu den Ergebnissen der 5. und 8. Klassen sind die Verläufe des aktuellen Interesses über den Interventionszeitraum bekannt. Die vorher nur getrennt präsentierten Graphen sind in den Abbildungen 9.1 bis 9.3 in jeweils einer gemeinsamen Auftragung dargestellt.

9.1.1 Emotionale Komponente

Bei der emotionalen Komponente des aktuellen Interesses ist zunächst auffällig, dass alle drei Gruppen (5. Klasse, 8. Klasse mit Einbindung, 8. Klasse ohne Einbindung) einen relativ ähnlichen Verlauf zeigten. Alle Werte befanden sich auf einem hohen Niveau, wobei jenes der 5. Klassen höher lag als das der 8. Klasse ohne Einbindung und nochmals höher als das der Gruppe mit Einbindung. Zusätzlich hatten die Werte aller Gruppen die ähnliche Eigenschaft, direkt nach einem Besuch höhere Werte aufzuweisen, als wenige Wochen später.

Vergleicht man die 5. Klassen mit jeweils beiden Gruppen der 8. Klassen mithilfe einer univariaten Varianzanalyse mit Messwiederholung mit der

Schulstufe als Zwischensubjektfaktor, so erhält man für den Vergleich mit der Einbindungsgruppe einen signifikanten Einfluss der Schulstufe ($F(1, 88) = 8.08$, $p = .006$, $f = 0.32$). Beim Vergleich mit der 8. Klasse ohne Einbindung dagegen ist dieser Einfluss nicht signifikant ($F(1, 54) = 0.79$, $p = .377$). Darin drückt sich die Tatsache aus, dass die Werte der 8. Klasse ohne Einbindung höher lagen als die der Gruppe mit Einbindung und somit fast den Wertebereich der 5. Klassen erreichten.

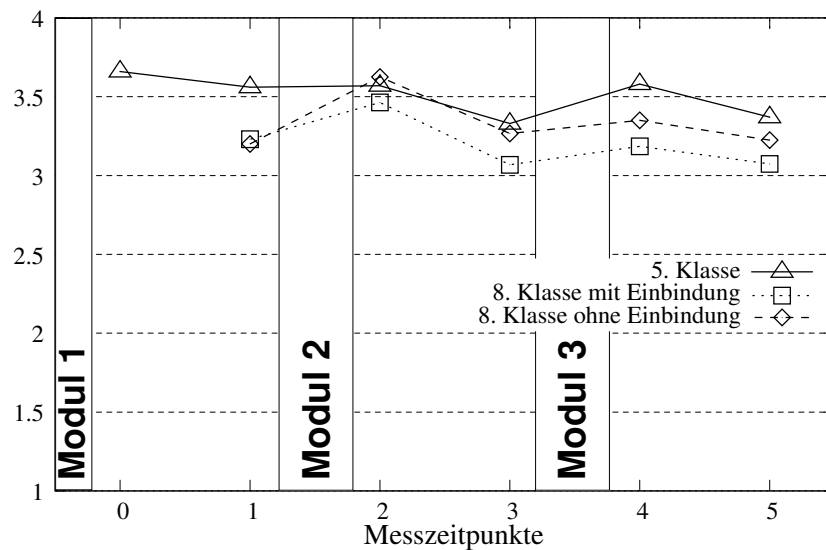


Abbildung 9.1: Messwerte zur emotionalen Komponente des aktuellen Interesses der an der Untersuchung beteiligten Schüler 5. und 8. Klassen.

9.1.2 Wertbezogene Komponente

Bei der wertbezogenen Komponente sind dagegen größere Unterschiede wahrnehmbar (siehe Abbildung 9.2). Zwar zeigte zumindest die 8. Klasse ohne Einbindung und die 5. Klassen wieder einen ähnlichen Verlauf, der sich in einem Alternieren und einem leichten Abfall über den Interventionszeitraum äußerte, doch lagen die Werte sehr weit auseinander. Der Vergleich der 5. Klassen mit der Einbindungsgruppe der 8. Klassen mittels univariater Varianzanalysen ergibt ebenso einen signifikanten Einfluss der Schulstufe, wie auch der Vergleich der 5. Klassen mit der Klasse ohne Einbindung (5. Klasse \leftrightarrow 8. Klassen mit Einbindung: $F(1, 88) = 26.67$, $p = .000$, $f = 0.57$, 5. Klasse \leftrightarrow 8. Klasse ohne Einbindung: $F(1, 54) = 10.50$, $p = .002$, $f = 0.44$).

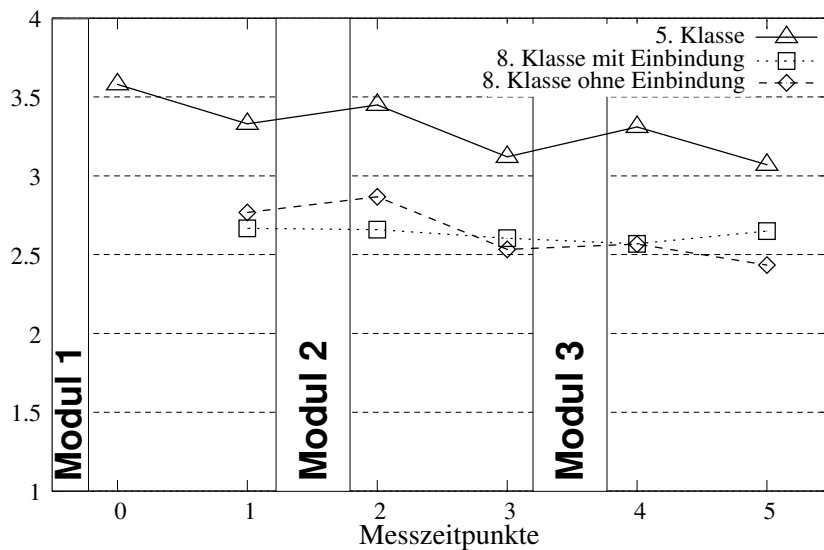


Abbildung 9.2: Messwerte zur wertbezogenen Komponente des aktuellen Interesses der an der Untersuchung beteiligten Schüler der 5. und 8. Klassen.

9.1.3 Epistemische Komponente

Entsprechend der wertbezogenen Komponente sind vor allem bei der epistemischen Komponente große Unterschiede zwischen den Altersstufen feststellbar (Abbildung 9.3). Wieder lagen die Werte sehr stark auseinander. Auch diesmal ist die Ähnlichkeit der Gruppe ohne Einbindung zu den 5. Klassen auffällig, die sich vor allem in der Tatsache äußerte, dass auf die Werte direkt nach einem Besuch ein signifikanter Abfall zum nächsten Messzeitpunkt folgte. Durchgeführte univariate Varianzanalysen ergeben für beide Vergleiche einen signifikanten Einfluss der Schulstufe: 5. Klasse \leftrightarrow 8. Klassen mit Einbindung: $F(1, 88) = 14.31$, $p = .000$, $f = 0.42$, 5. Klasse \leftrightarrow 8. Klasse ohne Einbindung: $F(1, 54) = 10.47$, $p = .002$, $f = 0.44$.

9.2 Diskussion der Ergebnisse zum aktuellen Interesse

9.2.1 Emotionale Komponente

Abbildung 9.1 macht deutlich, dass beide Altersklassen hohe Werte der emotionalen Komponente aufwiesen. Die Schülerlaborbesuche machten den Schülern annähernd gleichermaßen Spaß, zumindest befand sich die emotionale Komponente für alle Gruppen auf hohem Niveau. Dies ist insbesondere vor

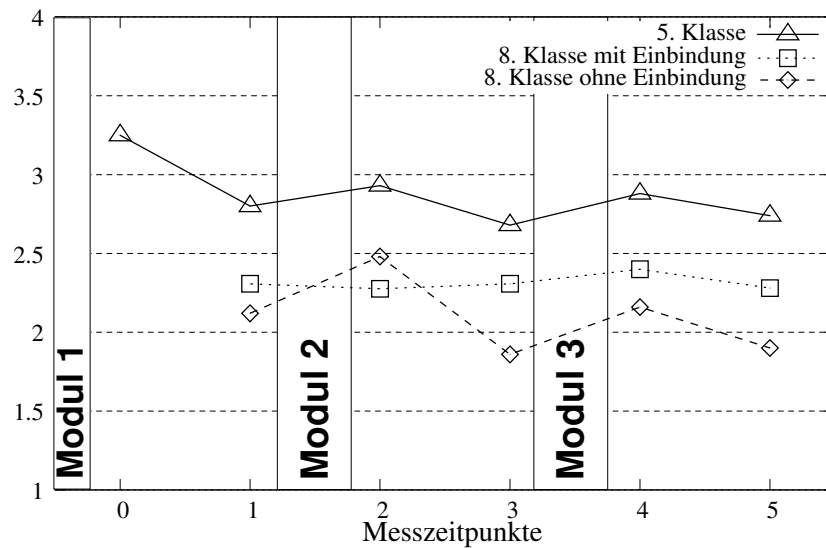


Abbildung 9.3: Messwerte zur epistemischen Komponente des aktuellen Interesses der an der Untersuchung beteiligten Schüler der 5. und 8. Klassen.

dem Hintergrund der Feststellung, dass Mittelstufenschüler generell ein geringeres Interesse an Physik haben, durchaus erfreulich festzustellen und demonstriert die weitestgehende Unabhängigkeit der emotionalen Komponente vom Alter der Schüler.

Dennoch kann es nicht alleine ein Anliegen von Schülerlaboren oder auch allgemein außerschulischer Lernorte sein, lediglich Spaß zu vermitteln. Vor allem vor dem Hintergrund der Frage, welcher Faktor die hohen Werte bestimmt hat, muss vermutet werden, dass unterschiedliche Gründe die Schüler zu diesen positiven Gefühlseinschätzungen verleiteten. Es ist vorstellbar, dass die älteren Schüler eher den Aspekt in den Vordergrund stellten, für einige Stunden nicht in der Schule zu sein. Sie empfanden den Ausflug als willkommene Abwechslung zum Schulalltag. Die sehr viel niedrigeren Werte der eher inhaltlich positionierten wertbezogenen und vor allem epistemischen Komponente im Vergleich zu den Werten der Schüler der 5. Klassen mögen einen Hinweis darauf geben. Auf der anderen Seite war für die jüngeren Schüler dagegen nicht so sehr entscheidend, den Klassenraum zu verlassen, sondern vielmehr die Tatsache, spannende Experimente durchzuführen und selbstständig an physikalischen Fragestellungen zu arbeiten. Der Unterricht in der Schule konnte dieses Bedürfnis nicht ohne weiteres erfüllen, da die Rahmenbedingungen in der Schule dies nicht zuließen. Ein Grund dafür mag die fehlende fachliche Ausbildung der Lehrer vor allem im Grundschulbereich sein.¹

¹Nähere Ausführungen dazu finden sich in Kapitel 2.4.

Das Ansteigen und Abfallen der emotionalen Komponente scheint ebenfalls ein altersübergreifender Effekt zu sein, der sich durch eine Einbindung ebenfalls nicht beeinflussen lässt. So kann konstatiert werden, dass die emotionale Komponente lediglich kurzfristige Effekte aufwies, die auch durch besondere Rahmenbedingungen, wie z. B. die Einbindung in den Unterricht nicht stabilisiert werden konnte. Dies liegt vermutlich in ihrer Natur begründet, nur Gefühlseinschätzungen wiederzugeben. Besuche in außerschulischen Lernorten werden im Allgemeinen keinen derartig nachhaltigen Eindruck auf die Schüler machen, dass sie auch nach vielen Wochen ähnlich positive Gefühle empfinden, wie direkt nach dem Besuchereignis. Entsprechende Forschungsergebnisse von Engeln (2004) deuten auf diesen Sachverhalt ebenfalls hin.

9.2.2 Wertbezogene Komponente

Bei der wertbezogenen Komponente wurden große Unterschiede zwischen den Altersklassen deutlich. Es ist denkbar, dass hier das durch Falk et al. erkannte und in 2.3.1 auf Seite 17 beschriebene Phänomen des "Novel Field-Trip Phenomenon" zu Tragen kam. Die Autoren stellen fest, dass der Lernerfolg mit dem Maß an Vertrautheit mit der Lernumgebung nichtlinear verknüpft ist. Ist die Neuartigkeit der Lernumgebung zu groß oder zu niedrig, kann dies negativen Einfluss auf den Lernerfolg haben. Eine entsprechende Übertragung auf affektive Aspekte ist denkbar. So könnten die niedrigen Werte der wertbezogenen (und der epistemischen) Komponente der 8. Klassen darauf zurückgeführt werden, dass eine gewisse Schulnähe des UniLabs bei jenen Schülern zu niedrigerem aktuellen Interesse führte. Für die Schüler der 5. Klassen waren die Erlebnisse dagegen sehr neu und noch nicht vorurteilsbehaftet, weshalb sich die Werte dieser Altersklasse auf höherem Niveau befanden.

Einleuchtend scheint außerdem die Vermutung, dass sich an dieser Stelle das größere, wenn auch nur beim Vergleich der 5. Klassen mit den 8. Klassen mit Einbindung signifikant verschiedene, individuelle Interesse der Schüler der 5. Klassen auswirkte.² So zeigt sich bei der Betrachtung der nach Vorinteressen differenzierten Gruppen der 5. Klassen, dass die weniger interessierten Schüler auf einem niedrigeren Niveau lagen und dem Wertebereich der 8. Klassen näher waren. Dies hatte die Folge, dass sich auch die wertbezogene Komponente auf einem niedrigeren Niveau wiederfand. So zeigt Engeln (2004), dass das Sachinteresse (ergo: das individuelle Interesse) an Physik nur 18% der Varianz der emotionalen Komponente erklärt, aber dafür 32%

²Abschnitt 9.3 wird auf diesen Sachverhalt näher eingehen.

der wertbezogenen bzw. 39% der epistemischen Komponente (siehe Kapitel 3.8), also vor allem die letzten beiden Facetten des aktuellen Interesses von dem individuellen Interesse abhängen.

Allerdings wird bei den Daten der vorliegenden Untersuchung deutlich, dass der Unterschied der Niveaus weitaus größer war als die Unterschiede im individuellen Interesse und nur der Vergleich des Vortests der 5. Klassen und der 8. Klassen mit Einbindung eine Signifikanz aufweist. Daher scheinen offenbar sowohl die verschiedenen Niveaus im individuellen Interesse als auch der Einfluss des "Novel Field-Trip Phenomenon" für die großen Unterschiede zwischen den Klassenstufen verantwortlich zu sein und entsprechend nicht unabhängig voneinander. Haben Schüler geringes individuelles Interesse, so ist anzunehmen, dass sich auch ihre Einstellung bzgl. des Unterrichtsinhaltes auf niedrigerem Niveau befindet. Wird das UniLab im Klassenverband besucht, so stellen die Schüler noch immer einen Bezug zum Unterricht her, mit entsprechenden negativen Auswirkungen auf insbesondere die wertbezogene Komponente des aktuellen Interesses.

Dennoch ist eine Gemeinsamkeit feststellbar: So hatten die Verläufe der Werte der 5. Klassen und die der 8. Klasse ohne Einbindung die Tendenz, in den Wochen nach einem Besuch abzufallen. Darauf folgte aber immer wieder auch ein Ansteigen (wobei dies nur bei den 5. Klassen signifikant war). Die Schüler mit Einbindung hingegen zeigten konstanten Verlauf. Dies mag einen Hinweis auf die bereits diskutierte Anwesenheit von "Catch"- und "Hold"-Komponenten geben. Neben der 8. Klasse ohne Einbindung erfuhren auch die Schüler der 5. Klassen keine Einbettung der Besuche in ihren Unterricht. Der für die "Hold"-Komponente wichtige Aspekt, die Interventionen als sinnvoll für den Unterricht zu erachten, war bei diesen Schülern ebenfalls nicht vorhanden. Es gelang lediglich kurzfristig, den Wertbezug zu steigern, ohne diesen jedoch stabilisieren zu können. In diesem Fall könnte man die Besuche altersübergreifend mit ihren neugierweckenden Maßnahmen mit "Catch"-Faktoren identifizieren.

9.2.3 Epistemische Komponente

Die Gemeinsamkeit zwischen den Schülern der 5. Klassen und der 8. Klasse ohne Einbindung wird bei der epistemischen Komponenten am deutlichsten. Hier übertrafen die Schwankungen der 8. Klasse jene der 5. sogar, was sich in größeren Effektstärken niederschlug (siehe dazu die Seiten 114 bzw. 137). Was bei der wertbezogenen Komponente nur zu vermuten war, kommt nun deutlicher zum Vorschein: Die fehlende Einbindung hatte offensichtlich die Folge einer nur kurzfristigen Beeinflussung der Besuche des Interesses. Der Wunsch, mehr über die Inhalte zu erfahren, sank nach jedem Besuch bei

beiden Gruppen signifikant ab. Stabilisierende Aspekte waren entsprechend nicht vorhanden, so dass vor allem hier gefolgert werden kann, dass die Interventionen lediglich "Catch"-Aspekte bereitstellen.

Auf der anderen Seite steht die konstante Entwicklung der 8. Klassen mit Einbindung, denen die Verknüpfung der Besuche mit dem Curriculum in Sinne eines "Hold"-Aspekts zu Gute kommt, wie in Kapitel 8 bereits eingehend diskutiert.

Trotz allem sind auch hier große Unterschiede zwischen den Altersklassen im Allgemeinen feststellbar. Auch hier darf analog zur Diskussion der Ergebnisse der wertbezogenen Komponente vermutet werden, dass das höhere Eingangsinteresse der 5. Klassen und der für diese Schüler besonders hohe Neuigkeitswert vorrangige Erklärungen sind.

Bei genauerer Betrachtung stellt man fest, dass die epistemische Komponente der Schüler der 5. Klassen im Gegensatz zu den Achtklässlern ohne Einbindung kein Abfall über den Interventionszeitraum erfuhr. Nach jedem Besuch stieg die Komponente wieder auf ihren vorherigen Wert an (den Ausreißer zum Zeitpunkt 0 ausgenommen). Auch dies scheint darauf hinzuweisen, dass es sehr sinnvoll ist, bereits junge Schüler mit Physik bzw. Naturwissenschaften zu konfrontieren, da vor allem diese Schüler eine hohe Begeisterungsfähigkeit für die Inhalte aufweisen.

Vor allem diese Komponente macht deutlich, dass der Physik- bzw. im Allgemeinen der Naturwissenschaftsunterricht sehr viel früher angeboten werden sollte, wenn es darum geht, das Interesse von jungen Schülern zu fördern. Eine Handlungspraxis, wie es bis vor kurzer Zeit in Berlin der Fall war, bei der erst ab der 8. Klasse Physik unterrichtet wurde, scheint vor diesem Hintergrund wenig sinnvoll. Wie die Forschung zeigt, haben sich in diesem Alter bereits negative Vorurteile und niedrige Interessen gegenüber der Physik ausgebildet, die auch den Unterricht nicht mehr entscheidend positiv beeinflusst werden können.³ Geht man dagegen dazu über, – wie es mittlerweile zunehmend geschieht – früher in der Schullaufbahn der Schüler naturwissenschaftliche Fächer anzubieten, besteht die begründete Hoffnung, den unwiederbringlichen Interessenabfall in der Mittelstufe aufzuhalten.

³Diese Vorurteile können beispielsweise durch negativen Einfluss von in dieser Altersgruppe so wichtigen Peer-Groups entstehen und der noch immer vorherrschenden Meinung, Naturwissenschaften und besonders Physik seien nicht zu verstehen und nutzlos.

9.3 Individuelles Interesse

9.3.1 Ergebnisse

In den Tabellen 7.9 auf Seite 121 und 8.10 auf Seite 144 sind die Ergebnisse der Vor- und Nachtests der beiden Altersklassen aufgeführt. Vergleicht man die Werte des individuellen Interesses der Schüler der 5. Klassen mit jenen der 8. Klassen mit Einbindung, so erhält man lediglich beim Vortest einen signifikanten Unterschied ($t(77) = -2.35$, $p = .022$, $d = 0.53$). Die Unterschiede der 5. Klassen und der 8. Klasse ohne Einbindung sind zu beiden Zeitpunkten nicht-signifikant.

9.3.2 Diskussion

Es ist überraschend, dass sich die Werte des individuellen Interesses bis auf einen Vergleich nicht signifikant unterschieden. Dennoch hatten die Schüler der 5. Klassen durchweg höheres individuelles Interesse an Physik. Diese verschiedenen individuellen Interessen der Altersgruppen sind mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die noch unvollständige Interessenentwicklung der Schüler der 5. Klassen zurückzuführen. Gemäß Kapitel 3.5 auf Seite 47 sind die Interessen von Schülern der 8. Klassen im Gegensatz zu den Fünftklässlern bereits annähernd voll ausgebildet und somit auch etwaige Abneigungen oder Indifferenzen. Diese drücken sich dann in niedrigeren Werten des individuellen Interesses aus.

Trotzdem kann altersübergreifend festgestellt werden, dass die Schülerlaborbefuche keinen positiven Einfluss auf die Entwicklung des individuellen Interesses ausüben. Alle Klassen stagnieren auf ihren jeweiligen Niveaus über den Verlauf der 4-5 Monate, in denen die Untersuchung stattfand. Wie bereits in den vorhergehenden Kapiteln dargelegt, ist dieses Verhalten mit der Interessentheorie insofern vereinbar, als dass sie das individuelle Interesse als eine sich nur langsam ändernde Größe identifiziert.

9.4 Einfluss des individuellen Interesses auf die Entwicklung des aktuellen Interesses

9.4.1 Ergebnisse

In den Abbildungen 7.4 bis 7.6 auf den Seiten 123 bis 125 bzw. 8.4 bis 8.6 auf den Seiten 146 bis 148 sind die Verläufe der Komponenten des aktuellen Interesses für die mediangesplitteten Gruppen der 5. Klassen und der 8. Klassen mit Einbindung dargestellt.

Es ist auffällig, dass für die beiden Altersstufen voneinander verschiedene Verläufe zwischen interessierten und weniger interessierten Schülern auftraten. Vor allem für die wertbezogene und epistemische Komponente war dies der Fall. Während sich die Kurven der 5. Klassen lediglich in einem Offset unterschieden (bei der epistemischen Komponente sogar signifikant) aber dennoch gleichen Verlauf zeigten, laufen die Kurven der Schüler der 8. Klassen scherenartig auseinander.

9.4.2 Diskussion

Die genauen Gründe für die unterschiedliche Entwicklung des aktuellen Interesses beider Altersklassen sind mit dieser Untersuchung nicht endgültig zu klären. Es gibt mehrere Möglichkeiten für eine Erklärung. Zum ersten könnte sich die Ursache in der Altersklasse selber finden. Nach dem Maß ihrer Vorinteressen eingeteilte jüngere Schüler zeigten nur unterschiedliche Niveaus der Werte des aktuellen Interesses. Die uninteressierteren Schüler verloren über den Interventionszeitraum in Bezug zu den interessierteren nicht an Interesse, d. h. die Entwicklungsmöglichkeiten waren ähnlich, nur die Wertebereiche unterschieden sich. Kapitel 3.5 deutet an, dass jüngere Schüler noch keine festen Interessen ausgebildet haben oder noch wenig ausgeprägt sind. Vermutlich war dies bei den Schülern der 5. Klassen dieser Untersuchung insofern der Fall, als dass noch keine etwaigen Indifferenzen oder gar Abneigungen vorhanden waren. Bei den Schülern der 8. Klasse war es dagegen sehr wohl möglich, dass Vorbehalte der Physik gegenüber bereits vorlagen. Mit aller Vorsicht kann gemutmaßt werden, dass die Mehrzahl der Schüler mit geringem Interesse auch Gleichgültigkeit oder gar Abneigungen gegenüber den im UniLab behandelten Inhalten entgegenbrachten. Dies führte dann dazu, dass das Interesse jener Schüler im Laufe der Zeit immer mehr abnahm, da sie drei Mal dazu "gezwungen" wurden, das Schülerlabor zu besuchen.

Zum zweiten kann die Ursache aber auch in der Einbindung liegen. Demnach wäre das scherenartige Auseinanderlaufen bei den 8. Klassen eine Folge davon, dass die uninteressierteren Schüler sogar in den Besuchen des Schülerlabors mit den Inhalten aus dem Unterricht konfrontiert wurden (wie bereits in Kapitel 8.4.2 auf Seite 147 diskutiert). Die Schüler der 5. Klassen genossen keine Einbindung, daher ist hier kein derartiger Verlauf zwischen den nach Interesse aufgeteilten Gruppen zu erkennen. Dies hätte zur Folge, dass eine Einbindung die Eigenschaft hat, das Interesse den Dispositionen entsprechend sowohl positiv als auch negativ zu entwickeln: Bei interessierten Schülern steigt das Interesse mittelfristig, bei den uninteressierten ist von einem Abfall auszugehen.

Prinzipielle Unterschiede in der Gruppenverteilung in dem Sinne, dass die jeweiligen mediangesplitteten Gruppen nicht ähnlich verschieden waren, liegen nicht vor (siehe die Kapitel 7.4 und 8.4). Jeweils beide Subgruppen wiesen signifikante Unterschiede im individuellen Interesse mit ähnlichen Effektstärken auf, so dass dies dementsprechend nicht für die Diskrepanzen beider Altersgruppen verantwortlich sein kann.

Keine der beiden Vermutungen kann jedoch mit dieser explorativen Untersuchung bestätigt werden. Hier ist ein Ansatzpunkt für eine Folgeuntersuchung zu finden.

9.5 Zusammenfassung

Zusammenfassend lassen sich mehrere Punkte feststellen. Zum einen scheint das Erfordernis einleuchtend, Besuche von außerschulischen Lernorten in den jeweiligen Unterricht einzubetten. Obwohl in der vorliegenden Arbeit nur die 8. Klassen auf diesen Zusammenhang untersucht wurden, scheint es plausibel, diese Erkenntnis auch auf andere Altersklassen zu erweitern. Die prominente Charakteristik des Ansteigens und Abfallens bei Klassen ohne Einbindung der Besuche in den Unterricht vor allem bei der epistemischen Komponente deutet darauf hin, dass in diesem Fall nur "Catch"-Effekte zu erreichen sind. Es wird lediglich Neugierde geweckt und kurzfristig aktuelles Interesse aufgebaut, eine Stabilisierung und somit ein Erreichen der zweiten Stufe in der Interessenentwicklung (siehe Abbildung 3.4 auf Seite 51) wird dadurch nicht gewährleistet. Eine entsprechende Abhilfe mag die Verknüpfung der Besuche mit dem Unterricht sein. Dennoch muss weitere Forschungsarbeit geleistet werden, um diese Vermutung zu bestätigen.

Zum anderen wird deutlich, dass die jüngeren Schüler höhere Werte der wertbezogenen und epistemischen Komponenten des aktuellen Interesses zeigten. Man könnte einwenden, dass dies auch darauf zurückzuführen ist, dass die Besuche für beide Altersklassen ähnlich aufgebaut waren. Es wäre vorstellbar, dass aufgrund der nötigen Anpassung an jüngere Schüler das Anforderungsniveau für die älteren soweit herunterschraubt wurde, dass diese sich unterfordert fühlten und damit niedrigeres Interesse entwickelten. Diese Vermutung kann mit aller Entschiedenheit jedoch abgelehnt werden. Die Module wurden, wie in Kapitel 6 beschrieben, an das in Kapitel 4 beschriebene Curriculum angepasst, welches für den Anfangsunterricht Physik der 7. und 8. Klasse entwickelt und bereits seit einigen Jahren in einigen Berliner Schulen angewendet wird. Ganz im Gegenteil wäre dann eher zu vermuten gewesen, dass sich die Schüler der 5. Klassen überfordert gefühlt haben müssten. Das dem nicht so war, machen zum einen die Ergebnisse der Untersuchung deut-

lich und zum anderen auch die Erfahrungen bei der Betreuung der Module. Außerdem wurden die Module in einigen Details für die entsprechenden Altersklassen verändert. Beispielsweise bildeten die Abschlüsse der 5. Klassen immer mit den gelernten Sachverhalten in engem Bezug stehende Bastelarbeiten, die den Schülern der 8. Klassen nicht angeboten wurden. Desweiteren zeigt ein Vergleich der Werte der 8. Klassen mit denen aus Engeln (2004) weitestgehend identische Ergebnisse, trotz anderer Schülerlabore mit vermeintlich "höheren" Anforderungsniveaus und höherer Jahrgangsstufen der dort untersuchten Schüler.

Ganz im Gegenteil ist eher davon auszugehen, dass vordergründig das niedrigere individuelle Interesse der Schüler der 8. Klassen für das tiefere Niveau der wertbezogenen und epistemischen Komponente verantwortlich ist. Es kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass auch der hohe Vertrautheitsgrad der 8. Klassen mit schulähnlichen Interventionen gemäß der Forschung zum "Novel Field-Trip Phenomenon" seinen Teil zu dieser Entwicklung beiträgt. Erfreulich ist jedoch, dass sich das Wertenniveau der emotionalen Komponente trotz des physikalischen Inhaltes der Besuche weitestgehend unabhängig von der Altersklasse darstellt und sich die Schüler während des Besuchs ähnlich wohl fühlen.

Hypothesen

Folgende Hypothesen lassen sich aus den Ergebnissen dieser Studie gewinnen:

- Ein- oder mehrmalige Besuche eines außerschulischen Lernortes ohne Einbindung in den Unterricht rufen nur kurzfristige Steigerungen der emotionalen, wertbezogenen und epistemischen Komponente des aktuellen Interesses von Schülern aller Jahrgangsstufen an den Inhalten der Lerneinheiten hervor.
- Mehrmalige Besuche eines außerschulischen Lernortes ohne Einbindung in den Unterricht beeinflussen insofern die emotionale, wertbezogene und epistemische Komponente des aktuellen Interesses von Schülern aller Jahrgangsstufen an den Inhalten der Lerneinheiten, als dass auf ein Ansteigen unmittelbar nach einem Besuch ein Abfallen in einem mehrwöchigem Abstand dazu folgt.
- Die curriculare Verknüpfung mehrmaliger Besuche eines außerschulischen Lernortes mit dem Schulunterricht führt zu einer Stabilisierung der wertbezogenen und der epistemischen Komponente des aktuellen Interesses von Schülern aller Jahrgangsstufen an den Inhalten der Lerneinheiten.

- Bei mehrmaligen Besuchen eines außerschulischen Lernortes sind die wertbezogene und die epistemische Komponente des aktuellen Interesses an den Inhalten der Lerneinheiten bei Schülern der 5. Jahrgangsstufe auf signifikant höherem Niveau als bei Schülern der 8. Jahrgangsstufe.

Kapitel 10

Zusammenfassung und Ausblick

Die vorliegende explorative Untersuchung hat das Ziel, einen Beitrag zur Wirksamkeitsanalyse hinsichtlich des Einflusses außerschulischer Lernorte auf die Entwicklung von Interesse an Naturwissenschaften zu leisten. Dabei wurde der Verlauf des aktuellen Interesses an Physik bei drei Schülerlaborbesuchen von Schülern der 5. und 8. Jahrgangsstufe untersucht, das individuelle Interesse in einem Vor- und Nachtest erhoben und zudem studiert, wie sich eine curriculare Einbindung auswirkt.

Ernüchternd erscheint zunächst die Tatsache, dass Schülerlabore das Interesse junger Menschen an Physik weder langfristig sichern noch mittelfristig stabilisieren können. Das durch das Schülerlabor geweckte Interesse geht innerhalb weniger Wochen nach einem Besuch wieder verloren. Das anfängliche Interessenniveau unmittelbar nach einem Besuch kann nur durch einen weiteren annähernd wieder erreicht werden. Damit werden die z. T. sehr hoch gesteckten Ziele vieler dieser Einrichtungen, namentlich die nachhaltige Förderung des Interesses, nicht erreicht. Ein- oder mehrmalige Ereignisse mit der Dauer von wenigen Stunden, wie sehr sie auch immer interessenfördernden Gesichtspunkten genügen mögen, sind nach der vorliegenden Studie nicht ausreichend, um über Jahre hinweg aufgebaute Dispositionen von Schülern schlagartig positiv zu beeinflussen. Dieses Ergebnis ist durchaus im Einklang mit der Interessenforschung, die die Ausbildung von Handlungsbereitschaften einer Person als ein sich nur sehr langsam ändernden Vorgang identifiziert. Besuche in Schülerlaboren, bzw. im Allgemeinen in außerschulischen Lernorten, können indessen als wirksames Mittel dienen, einen anfänglichen, wenn auch nur kurzfristigen, positiven "Catch"-Impuls für eine weitere Auseinandersetzung mit einem bestimmten Thema zu setzen und einen motivationalen Anreiz geben, sich im Unterricht oder in der Freizeit mit diesem Thema weiter zu beschäftigen.

Die vorliegende Arbeit deutet an, dass es durch bestimmte Rahmenbedingungen trotzdem möglich erscheint, das Interesse zumindest mittelfristig zu stabilisieren. Eine vielversprechende Maßnahme kann dabei die Einbindung der Besuche in den Schulunterricht sein. Erforderlich ist dazu eine Handlungspraxis, die eine enge Abstimmung zwischen außerschulischem Lernort und Schule verlangt. Dies betrifft vor allem die intensive inhaltliche Vor- und Nachbereitung der Besuche durch den Unterricht, die voraussetzt, dass die Lehrer über die Themen des Besuchs informiert sind und sie diese angemessen in den Unterricht einbetten können. Die vorliegende Untersuchung lässt den Schluss zu, dass der Besuch für die Schüler wahrnehmbar mit den Inhalten des Curriculums verzahnt sein muss. Dazu gehören vor allem Bezugnahme auf die Inhalte des Schulunterrichts und auf die dort erlernten methodische Instrumente und Konzepte. Dies ermöglicht den Schülern, sowohl während des Schülerlaborbesuchs, als auch im Unterricht danach auf diese Instrumente zurückzugreifen und sich mit deren Hilfe Zusammenhänge zu erarbeiten, die an beiden Lernorten von Bedeutung sind. Dazu gehört nicht nur die Aufarbeitung spezieller Experimente des Schülerlabors mit anschließender Erweiterung im Unterricht, sondern auch die Festigung des erlernten Instrumentariums (in dieser Untersuchung die besondere Methodik der phänomenologischen Herangehensweise an die Optik), welches in beiden Lernorten Verwendung findet.

Die Einbindung des Besuchs im Schülerlabor in den Schulunterricht führte im Rahmen der vorliegenden Studie dazu, dass Schüler in dem Besuch einen Sinn erkannten und einen Bezug zum Unterricht herstellen konnten. Dies zeigte sich in der Stabilisierung der epistemischen Komponente des aktuellen Interesses, die den Wunsch der Schüler beschreibt, mehr über die gelernten Inhalte zu erfahren. Der Besuch verliert dann zwar an Ausflugscharakter, gewinnt dabei jedoch einen für die Schüler spürbaren Mehrwert. Dieses Ergebnis legt nahe, dass sich dann ein wünschenswerter und für eine langfristig positive Interessenentwicklung erforderliche ?Hold?-Effekt (Mitchell, 1993) ergibt. Er besteht darin, dass sich das aktuelle Interesse nach einem Besuch konsolidiert und sich in einer stabilen Handlungsbereitschaft bezüglich der gelernten Inhalte manifestiert. Fänden sich bei einer folgenden hypothesenüberprüfenden Untersuchung wieder positive Effekte hinsichtlich der mittelfristigen Stabilisierung des Interesses, so könnte die curriculare Einbindung von Besuchen in außerschulischen Lernorten eine hoffungsvolle Maßnahme sein, dem in Kapitel 3.7 erwähnten Interessensverlust der Schüler an Naturwissenschaften in Ansätzen entgegen zu wirken. Denn durch diese Maßnahmen kann es zum einen nicht nur gelingen, über die besonderen Lernumgebungen der außerschulischen Lernorte Neugier bzw. Interesse zu wecken, sondern über die Einbindung der Besuche in den laufenden Unterricht eine Stabilisierung dieses geweckten Interesses zu erreichen.

Zukünftige Untersuchungen müssen ergeben, ob auch weniger strenge Rahmenbedingungen gelten können, um ähnliche Effekte zu erreichen. So wurde in dieser Studie gewährleistet, dass sich Curriculum und Schülerlaborbesuch besonders gut ergänzten. Es wurden spezielle Unterrichtseinheiten für das Schülerlabor entwickelt, die einen starken Bezug zu dem von der Einbindungsgruppe durchlaufenen Curriculum hatten. Sowohl die Besuche im Schülerlabor als auch der Unterricht in der Schule bauten auf ein Curriculum zu phänomenologischen Optik auf, welches zuließ, dass beidseitig auf Konzepte, Inhalte und Methoden Bezug genommen werden konnte. Diese Voraussetzung ist im Schulalltag nicht unbedingt zu erbringen, da der idealen Abstimmung zwischen Besuch und Unterricht sowohl organisatorische, als auch inhaltlich Schranken auferlegt sind.

Orion (1993) gibt aber Hinweise darauf, wie eine solche Einbindung auch unter den teilweise schwierigen Bedingungen des Schulalltags effektiv gestaltet werden kann. Demnach ist es erforderlich, dass sich die Lehrer vor dem Besuch ihrer Klassen mit dem zu besuchenden Lernort auseinandersetzen und eine Vorbereitungseinheit planen, die auf spezielle Anforderungen eingeht und die Schüler auf den Besuch vorbereitet. An den Besuch muss eine Nachbereitung anschließen, die die gelernten Konzepte und Inhalte aufnimmt und im weiteren Unterrichtsverlauf verallgemeinert und erweitert.

Sowohl die Herangehensweise der vorliegenden Untersuchung als auch die Vorschläge von Orion (1993) machen deutlich, dass es unbedingt notwendig ist, dass der Besuch des außerschulischen Lernorts inhaltlich zum Unterricht passt. Eine vom Unterricht abgelöste Ausflugsveranstaltung ohne jeglichen Bezug zu den momentan gelernten Inhalten scheint daher uneffektiv und im Hinblick auf eine nachhaltige Interessenentwicklung wirkungslos. Dies sollten Lehrer und Betreiber von außerschulischen Lernorten zum Anlass nehmen, ihre Bildungsabsichten stärker miteinander abzustimmen und Anstrengungen zu unternehmen, eine möglichst enge Verknüpfung herzustellen.

Hinsichtlich der Tatsache, dass dieser Gesichtspunkt im Schulalltag nahezu durchgängig unberücksichtigt bleibt, was sich in mangelndem langfristigen Erfolg niederschlägt, erhebt sich die Frage, ob der enorme Aufwand gerechtfertigt ist, der von außerschulischen Lernorten betrieben wird. Dieser Kritikpunkt betrifft daher nicht nur die Lehrer, sondern auch die außerschulischen Lernorte, die ihrerseits Materialien für die Lehrer zur Vorbereitung des Besuchs zur Verfügung stellen sollten.

Weiterhin müsste erörtert werden, wie sich die Interessenentwicklung jüngerer Schüler bei einer Einbindung der Besuche in den Unterricht darstellt, ein Aspekt, der in dieser Arbeit nicht berücksichtigt werden konnte. Insbesondere die hohen Interesseniveaus bei den Schülern der 5. Klassen geben Anlass zur Hoffnung, dass diese Altersstufen besonders von den Besuchereignissen

und insbesondere der Einbindung in den Unterricht profitieren könnten. Gerade in Berlin, wo diese Schüler von meist fachfremden Lehrern im neuen Fach Naturwissenschaften unterrichtet werden, könnten Besuche in außerschulischen Einrichtungen eine Maßnahme sein, den Unterricht unterstützend zu begleiten, um fehlende Fachkenntnisse von Lehrern auszugleichen.

Vor dem Hintergrund der in Kapitel 2 dargestellten Schwierigkeit außerschulischer Lernorte, nur oberflächlich kognitive Lernziele zu erreichen, wäre es ebenfalls sinnvoll, auch diese Aspekte in eine Anschlussuntersuchung mit einzubeziehen. Insbesondere die Frage, ob es neben dem positiven Einfluss der Einbindung auf das Interesse auch einen auf den kognitiven Lernerfolg gibt, wäre mit einer weiteren Untersuchung zu klären.

Die vorliegende Arbeit zeigt weiter, dass für die Gesamtheit der Schüler der 8. Klassen eine curriculare Verknüpfung keinen negativen Effekt bzgl. des aktuellen Interesses mit sich brachte. Einige Daten weisen jedoch darauf hin, dass die Beschäftigung mit Inhalten aus dem Unterricht bei einem Schülerlaborbesuch negative Auswirkung auf die Entwicklung der wertbezogenen und epistemischen Komponente des aktuellen Interesses jener Schüler hat, die anfangs wenig individuelles Interesse für die Inhalte aufbrachten. Ganz im Gegenteil zeigten Schüler mit hohem Vorinteresse eine signifikante Steigerung dieser Komponenten über den Interventionszeitraum. Die Überprüfung dieses Sachverhalts muss unbedingter Bestandteil einer Folgeuntersuchung sein, würde es doch die Effektivität einer Einbindung von Besuchen außerschulischer Lernorte sehr beschränken, wenn nur ein Teil der Schüler von den Besuchereignissen profitieren würde. Auch an dieser Stelle bietet sich an, eine Untersuchung durchzuführen, die explizit die Einbindung der Besuchereignisse in den Unterricht jüngerer Schüler betrachtet. So zeigten die Schüler der 5. Klassen keine solche scherenartige Entwicklung des aktuellen Interesses bei den Schülern mit höherem und niedrigerem Vorinteresse. Es ist zu klären, ob dieser Effekt auf die Altersstufe und damit auf noch nicht vorhandene Abneigungen der Physik gegenüber zurückzuführen ist oder ob dieses Verhalten eine inhärente Eigenschaft der Einbindung ist.

Im Hinblick auf die Güte der dargestellten Studie muss beachtet werden, dass Verallgemeinerungen bzw. generalisierende Aussagen zwar möglich, aber mit folgenden Einschränkungen verbunden sind. So wurden die Ergebnisse nur mit wenigen Schülern aus den 5. und 8. Klassenstufen einer einzelnen Schule gewonnen. Zudem war untersuchungsbedingt die Anzahl der Probanden bei den Gruppen zur Betrachtung der Einflüsse einer Vor- und Nachbereitung bei den Schülern der 8. Klassen sehr unterschiedlich. Schließlich lagen nur die Daten eines speziellen Schülerlabors vor und es wurde nur eine Form der Einbindung in ein Curriculum zur Physik untersucht. Trotz dieser Einschränkungen kann die Untersuchung dennoch Zusammenhänge aufzeigen, die als Ansatzpunkte tiefer gehender Forschungsarbeiten dienen können.

Trotz der großen Diversität der Schülerlaborszene bzw. der außerschulischen Lernorte im Allgemeinen sind Gemeinsamkeiten zu erkennen, die es zulassen, dass sich die Ergebnisse dieser Untersuchung übertragen lassen. Vorausgesetzt, dass sie eine gute Instruktionsqualität bieten, haben alle außerschulischen Lernorte gemein, dass sie Schülern die Gelegenheit geben, sich in informell gestalteten Umgebungen abseits von Zwängen der Schule mit Phänomenen der Naturwissenschaften zu beschäftigen. Die Besuche finden meist in neuen und ungewohnten Umgebungen statt, schulfremde Personen übernehmen die Betreuung, es besteht kein Leistungsdruck und die Schüler können sich relativ selbständig und ohne Zeitdruck mit den Inhalten beschäftigen. Vor diesem Hintergrund kann vermutet werden, dass die Lernorte das Interesse, ungeachtet ihrer konzeptionellen Unterschiede, ähnlich beeinflussen. Das zeigen auch Vergleiche mit anderen Studien, wie jenen von Engeln (2004) und Brandt (2005), die sich ebenfalls mit den Einflüssen von Schülerlaborbesuchen auf motivationale Aspekte beschäftigten. Aber auch hier ist der Bedarf von Untersuchungen zu erkennen, die sich explizit mit den einzelnen Gegebenheiten verschiedener außerschulischer Lernorte auseinandersetzen.

Es erscheint dennoch plausibel, dass im Hinblick auf die Einbindung auch bei anderen außerschulischen Lernorten ähnliche Effekte zu erwarten sind. Die über die Verknüpfung mit dem Unterricht von den Schülern erkannte Sinnhaftigkeit der Besuche ergibt sich mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht so sehr aus der Konzeption des jeweiligen außerschulischen Lernortes, sondern vielmehr aus der Einsicht, dass der Besuch mit dem Unterricht verknüpft ist. Eine entsprechend den oben erwähnten Vorschlägen durchgeführte Vor- und Nachbereitung gewährleistet dann, dass die Inhalte des Unterrichts auf den außerschulischen Lernort und die des Lernortes auf die Schule übertragbar sind. Entsprechend ist sehr gut denkbar, dass sich die Erkenntnisse nicht nur auf physikalisch ausgerichtete Lernorte beschränken, sondern für Naturwissenschaften im Allgemeinen gelten.

Aus der vorliegenden Arbeit ist erkennbar, dass das Feld der außerschulischen Lernorte noch weitgehend unerforscht ist und noch viele Fragen offen sind. So sollte nicht nur die Wirksamkeit der "etwas anderen" Lernorte überprüft, sondern auch Ansatzpunkte gefunden werden, die es möglich machen, Aussagen über die Steigerung der Attraktivität des Schulunterrichts zu treffen. Nur über wechselseitiges Berücksichtigen der Vor- und Nachteile eines formellen und informellen ausgerichteten Lernortes mag es gelingen, positive Synergieeffekte in Bezug auf die naturwissenschaftliche Grundbildung zu erreichen. Nimmt man sich dieser Herausforderungen nicht an, scheint es wenig erfolgversprechend, dass außerschulische Lernorte die in sie gesetzten Erwartungen erfüllen, einen positiven Beitrag zur naturwissenschaftlichen Grundbildung der Schüler zu leisten.

Literaturverzeichnis

- Anderson, D. und Lucas, K. B.: The Effectiveness of Orienting Students to the Physical Features of a Science Museum Prior to Visitation. In: *Research in Science Education*, Band 27(4):S. 485–495, 1997.
- Anderson, D., Lucas, K. B. und Ginns, I. S.: Theoretical Perspectives on Learning in an Informal Setting. In: *Journal of Research in Science Teaching*, Band 40(2):S. 177–199, 2003.
- Anderson, D., Lucas, K. B., Ginns, I. S. und Dierking, L. D.: Development of Knowledge about Electricity and Magnetism during a Visit to a Science Museum and Related Post-Visit Activities. In: *Science Education*, Band 84:S. 658–679, 2000.
- Averch, H. A., Carrol, S. J., Donaldson, T. S., Kiesling, H. J. und Pincus, J.: *How effective is schooling?* Educational Technology Publications, Englewood Cliffs, N.J., 1974.
- Bailey, A. L.: Ending Science Illiteracy – Teaching Teachers to Teach Science. In: *Museum News*, Band 66(5):S. 50–53, 1988.
- Balling, J. D. und Falk, J. H.: A Perspective in Field Trips: Environmental Effects on Learning. In: *Curator*, Band 23(4):S. 229–240, 1980.
- Bennett, L. M.: A study of the comparison of two instructional methods, the experimental-field method and the traditional classroom method, involving science content in ecology for the seventh grade. In: *Science Education*, Band 49(5):S. 453–468, 1965.
- Benz, G.: An experimental evaluation of field trips for achieving informational gains in a unit on earth science in four ninth grade classes. In: *Science Education*, Band 46(1):S. 43–49, 1962.
- Birney, B. A.: Criteria for Successful Museum and Zoo Visits: Children Offer Guidance. In: *Curator*, Band 31(4):S. 292–316, 1988.

- Bitgood, S.: School field trips: An overview. In: *Visitor Behaviour*, Band 4:S. 3–6, 1989.
- Boggs, D. L.: Visitor Learning at the Ohio Historical Center. In: *Curator*, Band 20(3):S. 205–214, 1977.
- Brandt, A.: *Förderung von Motivation und Interesse durch außerschulische Experimentierlabors*. Dissertation, Universität Bielefeld, Cuvillier Verlag, Göttingen, 2005.
- Carre, C. und Ovens, C.: *Science 7-11 Developing Primary Teaching Skills*. Routledge, London, 1994.
- Clark, C. E.: An Experimental Evaluation of the School Excursion. In: *The Journal of Experimental Education*, Band 12(1), 1943.
- Crane, V., Nicholson, T. und Chen, M.: Informal science learning. In: *What research says about television, science museums and community-based projects*, Science Press, Epharata, Pennsylvania. 1994.
- Csikszentmihalyi, M.: *Flow*. Harper & Row, New York, 1990.
- Deci, E. L., Koestner, R. und Ryan, R. M.: Extrinsic Rewards and Intrinsic Motivation in Education: Reconsidered Once Again. In: *Review of Educational Research*, Band 71(1):S. 1–27, 2001.
- Deci, E. L. und Ryan, R. M.: A Motivational Approach to Self: Integration in Personality. In: *Nebraska Symposium on Motivation 1990: Perspectives on Motivation*. University of Nebraska Press, Lincoln, NE, 1991, Band 38, S. 237–288.
- Deci, E. L. und Ryan, R. M.: Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. In: *Zeitschrift für Pädagogik*, Band 39(2):S. 224–238, 1993.
- Delaney, A. A.: An experimental investigation of the effectiveness of the teacher's introduction in implementing a science field trip. In: *Science Education*, Band 51(5):S. 474–481, 1967.
- Du Sablon, C. und Racette, G.: Les effets d'un programme éducatif muséal chez des élèves du primaire. In: *Revue Canadienne De L'Education*, Band 16(3):S. 338–351, 1991.

- Eder, F.: Schulklima und Entwicklung allgemeiner Interessen in der Schule. In: Krapp, A. und Prenzel, M. (Hg.) *Interesse, Lernen, Leistung*. Aschendorff, Münster, 1992, S. 165–194.
- Engeln, K.: *Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken*. Logos, Berlin, 2004.
- Erb, R.: *Optik mit Lichtwegen – das Fermat-Prinzip als Grundlage für das Verstehen der Optik*, Band 22 von *Naturwissenschaft und Unterricht*. Westarp-Wissenschaften, Bochum, Magdeburg, 1994.
- Erb, R.: Berechnung von Beugungsbildern. In: *MNU*, Band 48(5):S. 281–284, 1995a. Eingereicht (MNU).
- Erb, R.: Curved mirrors. In: *Physics Education*, Band 30:S. 287–289, 1995b.
- Erb, R.: Optik in der Oberstufe. In: *Physik in der Schule*, Band 33(2):S. 51–56, 1995c.
- Erb, R. und Schön, L.: Die Schusterkugel. In: Wiebel, K.H. (Hg.) *Zur Didaktik der Physik und Chemie – Vorträge auf der GDGP-Tagung in Weingarten 1990*. Leuchtturm, Alsbach, 1991, Band 10, S. 291–293.
- Erb, R. und Schön, L.: Vom Sehen zur Optik – ein Curriculum für die Mittelstufe. In: *Praxis der Naturwissenschaften - Physik*, Band 45(8):S. 31–36, 1996.
- Eysel, C. und Schallies, M.: Zukunftswerkstatt Wissenschaft und Technik – die Begleitforschung im Laboratorium. In: *Tagungsband der GDGP-Jahrestagung in Lübeck 2002*. Lit-Verlag, Münster, 2003, Band 23, S. 99–101.
- Falk, J.: The Director's Cut: Toward an Improved Understanding of Learning from Museums. In: *Science Education*, Band 88(S1):S. 83–96, 2004.
- Falk, J. H.: A Cross-Cultural Investigation of the Novel Field Trip Phenomenon: National Museum of Natural History, New Delhi. In: *Curator*, Band 26(4):S. 315–323, 1983a.
- Falk, J. H.: Field trips: A look at environmental effects on learning. In: *Journal of Biological Education*, Band 17(2):S. 137–142, 1983b.

- Falk, J. H. und Adelman, L. M.: Investigating the Impact of Prior Knowledge and Interest on Aquarium Visitor Learning. In: *Journal of Research in Science Teaching*, Band 40(2):S. 163–176, 2003.
- Falk, J. H. und Balling, J. D.: The Field Trip Milieu: Learning and Behaviour as a Function of Contextual Events. In: *Journal of Educational Research*, Band 76(1):S. 22–28, 1982.
- Falk, J. H. und Dierking, L. D.: *The Museum Experience*. Whalesback Books, Washington, D.C., 1992.
- Falk, J. H. und Dierking, L. D.: School Field Trips: Assessing Their Long-Term Impact. In: *Curator*, Band 40(3):S. 211–218, 1997.
- Falk, J. H. und Dierking, L. D.: *Learning from Museums – Visitor Experiences and the Making of Meaning*. AltaMira Press, 2000.
- Falk, J. H., Koran, J. J. Jr. und Dierking, L. D.: The Things of Science: Assessing the Learning Potential of Science Museums. In: *Science Education*, Band 70(5):S. 503–508, 1986.
- Falk, J. H., Martin, W. W. und Balling, J. D.: The novel field-trip phenomenon: adjustment to novel settings interferes with task learning. In: *Journal of Research in Science Teaching*, Band 15(2):S. 127–134, 1978.
- Falk, J. H. und Storksdieck, M.: Using the Contextual Model of Learning to Understand Visitor Learning from a Science Center Exhibition. In: *Science Education*, Band 89:S. 744–778, 2005.
- Feher, E.: Interactive museum exhibits as tools for learning: explorations with light. In: *International Journal of Science Education*, Band 12(1):S. 35–49, 1990.
- Feher, E. und Rice, K.: Development of Scientific Concepts Through the Use of Interactive Exhibits in a Museum. In: *Curator*, Band 28(1):S. 35–46, 1985.
- Feher, E. und Rice, K.: Shadows and Anti-Images: Children's Conceptions of Light and Vision. II. In: *Science Education*, Band 72(5):S. 637–649, 1988.
- Feynman, R. P.: *QED – Die Seltsame Theorie des Lichts und der Materie*. Piper, München, 2005.

- Fink, B.: Interessenentwicklung im Kindesalter aus der Sicht einer Person-Gegenstands-Konzeption. In: Krapp, A. und Prenzel, M. (Hg.) *Interesse, Lernen, Leistung*. Aschendorff, Münster, 1992, S. 53–83.
- Finson, K. D. und Enochs, L. G.: Student attitudes toward science-technology-society resulting from visitation to a science-technology museum. In: *Journal of Research in Science Teaching*, Band 24(7):S. 593–609, 1987.
- Flexer, B. K. und Borun, M.: The impact of a class visit to a participatory science museum exhibit and a classroom science lesson. In: *Journal of Research in Science Teaching*, Band 21(9):S. 863–873, 1984.
- Folkmer, T. H.: Comparison of three methods of teaching geology in junior high school. In: *Journal of Geological Education*, Band 29:S. 74–75, 1981.
- Gennaro, E. D.: The effectiveness of using previsit instructional materials on learning for a museum field trip experience. In: *Journal of Research in Science Teaching*, Band 18(3):S. 275–279, 1981.
- Germann, P. J.: Development of the attitude toward science in school assessment and its use to investigate the relationship between science achievement and attitude toward science in school. In: *Journal of Research in Science Education*, Band 25(8):S. 689–703, 1988.
- Goodstein, D. L. und Goodstein, J. R.: Feynmans verschollene Vorlesung. Piper, München, Zürich, 1998.
- Grebe-Ellis, J.: *Grundzüge einer Phänomenologie der Polarisierung*, Band 3 von *Phänomenologie in der Naturwissenschaft*. Logos Verlag, Berlin, 2005.
- Grebe-Ellis, J., Sommer, W. und Vogt, J.: *Abituraufgaben zur Hebung, Beugung und Polarisierung*. Bildungswerk Beruf und Umwelt, Kassel, 2002.
- Griffin, J.: Learning to learn in informal science settings. In: *Research in Science Education*, Band 24:S. 121–128, 1994.
- Griffin, J. und Symington, D.: Moving from Task-Oriented to Learning-Oriented Strategies on School Excursions to Museums. In: *Science Education*, Band 81(6):S. 763–779, 1997.
- Guderian, P. und Schön, L.-H.: Von der Spiegelwelt zu den Planetenbahnen. In: *Tagungs-CD der Frühjahrstagung der DPG in Düsseldorf 2004*. 2004.

- Harreis, H. und Schmitz, G.: Zur Erklärung des Astigmatismus schiefer Strahlenbündel mit Hilfe des Fermat-Prinzips. In: *Physik und Didaktik*, Band 3:S. 193–204, 1973.
- Harvey, H. W.: An experimental study of the effect of field trips upon the development of scientific attitudes in an ninth grade general science class. In: *Science Education*, Band 35(5):S. 242–248, 1951.
- Hoffmann, L., Häußler, P. und Lehrke, M.: *Die IPN-Interessenstudie Physik*. IPN, Kiel, 1998.
- Hoffmann, L., Häußler, P. und Peters-Haft, S.: *An den Interessen von Jungen und Mädchen orientierter Physikunterricht*. IPN, Kiel, 1997.
- Hoffmann, L. und Lehrke, M.: Eine Untersuchung über Schülerinteressen an Physik und Technik. In: *Zeitschrift für Pädagogik*, Band 2(32):S. 189–204, 1986.
- Hofstein, A. und Lunetta, V. N.: The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. In: *Science Education*, Band 88(1):S. 28–54, 2003.
- Hofstein, A. und Rosenfeld, S.: Bridging the Gap Between Formal and Informal Science Learning. In: *Studies in Science Education*, Band 28:S. 87–112, 1996.
- Jarvis, T. und Pell, A.: Factors Influencing Elementary School Children's Attitudes toward Science before, during, and after a Visit to the UK National Space Centre. In: *Journal of Research in Science Teaching*, Band 42(1):S. 53–83, 2005.
- Kasten, H. und Krapp, A.: Das Interessengenesse-Projekt – eine Pilotstudie. In: *Zeitschrift für Pädagogik*, Band 32:S. 175–188, 1986.
- Kern, E. L. und Carpenter, J. R.: Enhancement of Student Values, Interests and Attitudes in Earth Science Through a Field-Oriented Approach. In: *Journal of Geological Education*, Band 32:S. 299–305, 1984.
- Kern, E. L. und Carpenter, J. R.: Effect of Field Activity on Student Learning. In: *Journal of Geological Education*, Band 34:S. 180–183, 1986.
- Kisiel, J.: Understanding Elementary Teacher Motivations for Science Fieldtrips. In: *Science Education*, Band 89:S. 936–955, 2005.

- Klaes, E. und Welzel, M.: Außerschulische Lernorte und naturwissenschaftlicher Unterricht. In: *Tagungsband der GDGP-Jahrestagung in Paderborn 2005*. Lit-Verlag, Münster, 2006a, Band 26, S. 239–241.
- Klaes, E. und Welzel, M.: Fortbildung zum Lernen an außerschulischen Lernorten. In: *Tagungsband der GDGP-Jahrestagung 2006 in Bern*. in Druck, 2006b.
- Koran, J. J., Longino, S. J. und Shafer, L. D.: A framework for conceptualizing research in natural history museums and science centers. In: *Journal of Research in Science Teaching*, Band 20(4):S. 325–339, 1983.
- Krapp, A.: Das Interessenskonstrukt – Bestimmungsmerkmale der Interessenshandlung und des individuellen Interesses aus Sicht einer Person-Gegenstand-Konzeption. In: Krapp, A. und Prenzel, M. (Hg.) *Interesse, Lernen, Leistung*. Aschendorff, 1992a.
- Krapp, A.: Konzepte und Forschungsansätze zur Analyse des Zusammenhangs von Interesse, Lernen und Leistung. In: Krapp, A. und Prenzel, M. (Hg.) *Interesse, Lernen, Leistung*. Aschendorff, Münster, 1992b, S. 9–52.
- Krapp, A.: Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht. In: *Psychologie und Erziehung im Unterricht*, Band 44:S. 185–201, 1998.
- Krapp, A.: Interest, motivation and learning: An educational-psychological perspective. In: *European Journal of Psychology of Education*, Band 14(1):S. 23–40, 1999a.
- Krapp, A.: Intrinsische Lernmotivation und Interesse. In: *Zeitschrift für die Pädagogik*, Band 45(3):S. 387–406, 1999b.
- Krapp, A.: Structural and dynamic aspects of interest development: theoretical considerations from an ontogenetic perspective. In: *Learning and Instruction*, Band 12:S. 383–409, 2002.
- Krathwohl, D. R., Bloom, B. S. und Masia, B. B.: *Taxonomie von Lernzielen im affektiven Bereich*. Beltz, Weinheim, 1978.
- Krüger, G. und Schön, L.-H.: "Lernen durch Lehren" im UniLab Schülerlabor als Fortbildung für fachfremde Grundschullehrerinnen und Grundschullehrer. In: *Tagungsband der GDGP-Jahrestagung 2006 in Bern*. in Druck, 2006.

- Krumm, V.: Ein blinder Fleck der Unterrichtswissenschaft: Die Vernachlässigung außerschulischer Faktoren in der Unterrichtsforschung. In: *Unterrichtswissenschaft*, Band 18:S. 40–44, 1990.
- Kubota, C. A. und Olstad, R. G.: Effects of novelty-reducing preparation on exploratory behaviour and cognitive learning in a science museum setting. In: *Journal of Research in Science Teaching*, Band 28(3):S. 225–234, 1991.
- Lucas, A. M.: Scientific Literacy and Informal Learning. In: *Studies in Science Education*, Band 10:S. 1–36, 1983.
- Lucas, A. M. und McManus, P.: Investigating learning from informal sources: Listening to conversations and observing play in science museums. In: *European Journal of Science Education*, Band 8(4):S. 341–352, 1986.
- Lucas, K. B.: One Teacher's Agenda for a Class Visit to an Interactive Science Center. In: *Science Education*, Band 84:S. 524–544, 2000.
- Mackensen, M. v.: *Klang, Helligkeit und Wärme. Phänomenologischer Physikunterricht aus Praxis und Theorie der Waldorfschule*. Pädagogische Forschungsstelle, Kassel, 1992.
- Mackensen, M. v. und Ohlendorf, H.-Ch.: *Modellfreie Optik*. Pädagogische Forschungsstelle, Kassel, 1998.
- Maier, G.: Ein verformbarer Hohl-Wölb-Spiegel. In: *Elemente der Naturwissenschaft*, Band 22(1):S. 33–43, 1975.
- Maier, G.: *Optik der Bilder*. Kooperative Dürnau, Dürnau, 1986.
- Maier, G.: *blicken – sehen – schauen. Beiträge zur Physik als Erscheinungswissenschaft*. Kooperative Dürnau, Dürnau, 2004.
- Martin, W. W., Falk, J. H. und Balling, J. D.: Environmental Effects on Learning: The Outdoor Field Trip. In: *Science Education*, Band 65(3):S. 301–309, 1981.
- Mason, J. L.: Annotated Bibliography Of Field Trip Research. In: *School Science and Mathematics*, Band 80:S. 155–166, 1980.
- McManus, P.: Studies in Science Education. In: , Band 20:S. 157–182, 1992.
- Mitchell, M.: Situational interest: Its multifaceted structure in the secondary school mathematics classroom. In: *Journal of Educational Psychology*, Band 85(3):S. 424–436, 1993.

- Müller, M.: Vom Zeiger zum Hologramm – Entwicklung eines Lehrganges zur Berechnung und Herstellung diffraktiver Elemente auf der Basis des Zeigerformalismus nach Feynman, 2004. Examensarbeit.
- Oppenheimer, F.: The Exploratorium: A Playful Museum Combines Perception and Art in Science Education. In: *American Journal of Physics*, Band 40(7):S. 978–984, 1972.
- Orion, N.: Development of a High-School Geology Course Based on Field Trips. In: *Journal of Geological Education*, Band 37:S. 13–17, 1989a.
- Orion, N.: Field Trips in the Israeli high school geology curriculum. In: *Journal of the Earth Science Teachers Association*, Band 14(1):S. 25–28, 1989b.
- Orion, N.: A Model for the Development and Implementation of Field Trips as an Integral Part of the Science Curriculum. In: *School Science and Mathematics*, Band 93(6):S. 325–331, 1993.
- Orion, N. und Hofstein, A.: A field-based high school geology course: igneous and metamorphic terrains – an israeli experience. In: *Journal of the Association of Teachers of Geology*, Band 11(1):S. 16–20, 1986.
- Orion, N. und Hofstein, A.: The Measurement of Students' Attitudes Towards Scientific Field Trips. In: *Science Education*, Band 75(5):S. 513–523, 1991.
- Orion, N. und Hofstein, A.: Factors that influence Learning during a Scientific Field Trip in a Natural Environment. In: *Journal of Research in Science Teaching*, Band 31(10):S. 1097–1119, 1994.
- Orion, N., Hofstein, A., Tamir, P. und Giddings, G. J.: Development and Validation of an Instrument for Assessing the Learning Environment of Outdoor Science Activities. In: *Science Education*, Band 81:S. 161–171, 1997.
- Pawek, C., Hillebrandt, D. und Euler, M.: Wie wirken Schülerlabore auf Jugendliche. In: *Tagungsband der GDGP-Jahrestagung in Paderborn 2005*. Lit-Verlag, Münster, 2006, Band 26, S. 257–259.
- Prenzel, M.: Überlegungen zur Weiterentwicklung der pädagogisch-psychologischen Interessenforschung – der präskriptive Anspruch. In: Krapp, A. und Prenzel, M. (Hg.) *Interesse, Lernen, Leistung*. Münster, 1992, S. 331–352.

- Prenzel, M. und Drechsel, B.: Ein Jahr kaufmännische Erstausbildung. Veränderungen in Lernmotivation und Interesse. In: *Unterrichtswissenschaft*, Band 23:S. 217–234, 1996.
- Prenzel, M., Krapp, A. und Schiefele, H.: Grundzüge einer pädagogischen Interessentheorie. In: *Zeitschrift für Pädagogik*, Band 32(2):S. 163–173, 1986.
- Prenzel, M., Lankes, E.-M. und Minsel, B.: Interessenentwicklung in Kindergarten und Grundschule: Die ersten Jahre. In: Schiefele, U. und Wild, K.-P. (Hg.) *Interesse und Lernmotivation – Untersuchungen zu Entwicklung, Förderung und Wirkung*, Waxmann, Münster. 2000.
- Price, S. und Hein, G. E.: More than a field trip: science programmes for elementary school groups at museums. In: *International Journal of Science Education*, Band 13(5):S. 505–519, 1991.
- Ramey-Gassert, L., Walberg, H. J. und Walberg, H. J.: Reexamining Connections: Museums as Science Learning Environments. In: *Science Education*, Band 78(4):S. 345–363, 1994.
- Rennie, L. J.: Measuring affective outcomes from a visit to a science education centre. In: *Research in Science Education*, Band 24:S. 261–269, 1994.
- Rennie, L. J. und McClafferty, T. P.: Science Centres and Science Learning. In: *Studies in Science Education*, Band 27:S. 53–98, 1996.
- Rice, K. und Feher, E.: Pinholes and Images: Children's Conceptions of Light and Vision. I. In: *Science Education*, Band 71(4):S. 629–639, 1987.
- Rix, C. und McSorley, J.: An investigation into the role that school-based interactive science centres may play in the education of primary-aged children. In: *International Journal of Science Education*, Band 21(6):S. 577–593, 1999.
- Ryan, R. M. und Deci, E. L.: Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. In: *Contemporary Educational Psychology*, Band 25:S. 54–67, 2000.
- Schellhammer, F. M.: The Field Trip in Biology. In: *School Science and Mathematics*, Band 35(2):S. 170–173, 1935.
- Schibeci, R. A.: Home, School, and Peer Group Influences on Student Attitudes and Achievement in Science. In: *Science Education*, Band 73(1):S. 13–24, 1989.

- Schiefele, H. und Schreyer, I.: Intrinsische Lernmotivation und Lernen. In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, Band 8(1):S. 1–13, 1994.
- Schön, L.: Vom Sehen zur Optik – ein Curriculum für die Mittel- und Oberstufe. In: Behrendt, H. (Hg.) *Zur Didaktik der Chemie und Physik – Vorträge der GDGP-Tagung in Erfurt 1992*. Leuchtturm, Alsbach, 1993, Band 13, S. 271–273.
- Schön, L.-H., Weber, T. und Werner, T.: Sehen-Fermat-Zeiger: Curriculare Forschung am Beispiel Optik. In: *Zur Didaktik der Physik und Chemie*. Leuchtturm, Alsbach, 2000, Band 20, S. 368–370. Posterbeitrag auf der Tagung für Didaktik der Physik und Chemie 1999 in München.
- Shortland, M.: No business like show business. In: *Nature*, Band 328:S. 213–214, 1987.
- Sommer, W.: *Zur phänomenologischen Beschreibung der Beugung im Konzept optischer Wege*, Band 2 von *Phänomenologie in der Naturwissenschaft*. Logos Verlag, Berlin, 2005.
- Stronck, D. R.: The comparative effects of different museum tours on children's attitudes and learning. In: , Band 20(4):S. 283–290, 1983.
- Tal, R., Bamberger, Y. und Morag, O.: Guided School Visits to Natural History Museums in Israel: Teachers' Roles. In: *Science Education*, Band 89:S. 920–935, 2005.
- Todt, E., Drewes, R. und Heils, S.: The development of interests during adolescence: Social context, individual differences, and individual significance. In: Silbereisen, R. K. und Todt, E. (Hg.) *Adolescence in context: The interplay of family, school, peers and work in adjustment*, Springer, New York, S. 82–95. 1991.
- Todt, E. und Schreiber, S.: Development of interests. In: Hoffmann, L., Krapp, A., Renninger, K. A. und Baumert, J. (Hg.) *Interest and learning. Proceedings of the Secon-Conference on interest and gender*, IPN, Kiel, S. 25–40. 1998.
- Tuckey, C.: Children's informal learning at an interactive science center. In: *International Journal of Science Education*, Band 14(3):S. 273–278, 1992a.
- Tuckey, C. J.: Schoolchildren's Reactions to an Interactive Science Center. In: *Curator*, Band 25(1):S. 28–38, 1992b.

- Upmeyer zu Belzen, A. und Vogt, H.: Interessen und Nicht-Interessen bei Grundschulkindern – Theoretische Basis der Längsschnittstudie PEIG. In: *IDB*, Band 10:S. 17–31, 2001.
- Waltner, Ch. und Wiesner, H.: Physik lernen im Deutschen Museum – eine explorative Studie. In: *Vortrag auf der GDGP-Jahrestagung 2006 in Bern*. 2006.
- Weber, T.: Das Loch in der Seifenblase. In: *Physik in der Schule*, Band 37(1):S. 34–36, 1999.
- Weber, T.: *Kumulatives Lernen im Physikunterricht*, Band 29. Logos Verlag, Berlin, 2003.
- Weber, T. und Schön, L.-H.: Spiegelwelt statt Reflexionsgesetz: Vorschläge zum Anfangsunterricht. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, Band 60(11):S. 30–36, 2000.
- Wellington, J.: Sharing science: Issues in the development of interactive science and technology centres. In: Quin, M. (Hg.) *Attitudes before understanding: The contribution of interactive centres to science education*, Nuffield Foundation on behalf of the Committee on the Public Understanding of Science (COBUS), S. 30–32. 1989.
- Wellington, J.: Formal and informal learning in science: the role of the interactive science centres. In: *Physics Education*, Band 25:S. 247–252, 1990.
- Werner, J.: *Vom Licht zum Atom: ein Unterrichtskonzept zur Quantenphysik unter Nutzung des Zeigermodells*, Band 12. Logos Verlag, Berlin, 2000.
- Wieder, B.: Interessenentwicklung im Vor- und Grundschulalter – Eine grundlegende Studie. In: *IDB*, Band 8:S. 19–28, 1999.
- Wild, E.: Die Vermittlung von Wissen und Werten – nicht nur eine Aufgabe der Schule. In: *Tagungsband der GDGP-Jahrestagung in Lübeck 2002*. Lit-Verlag, Münster, 2003, Band 23, S. 23–32.
- Wymer, P.: Never mind the science, feel the experience. In: *New Scientist*, Band 1789:S. 49, 1991.
- Xanthoudaki, M.: Is It Always Worth the Trip? The contribution of museum and gallery educational programmes to classroom art education. In: *Cambridge Journal of Education*, Band 28(2):S. 181–195, 1998.

Kapitel 11

Anhang

In diesem Anhang finden sich die verwendeten Fragebögen und Datentabellen, die im Text nicht aufgeführt wurden.

Fragebögen

Aktuelles Interesse

HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN

Institut für Physik, Didaktik der Physik

Pascal Guderian



Datum:

Fragebogen zur Entwicklung des Interesses an Physik

Liebe Schülern, lieber Schüler,

mit diesem Fragebogen möchten wir deine Meinung zum UniLab kennen lernen. Hierbei handelt es sich nicht um einen Test oder eine Klassenarbeit. In diesem Fragebogen gibt es keine falschen Antworten. Gib die Antworten, die für dich am besten passen.

Dauer: ca. 5 Minuten

Anleitung:

- Bitte lies jede Frage sorgfältig durch und beantworte sie so genau wie möglich.
- Mache als Antwort pro Frage bitte nur ein Kreuz in die Kästchen.
- Beantworte bitte alle Fragen.

Damit Fragebögen zu unterschiedlichen Zeitpunkten einander zugeordnet werden können, man aber nicht weiß, wer genau den Fragebogen ausgefüllt hat, wird jeder befragten Person ein Erkennungscode zugeordnet.

Fülle diesen bitte zunächst aus.

ERKENNUNGSCODE

Die ersten beiden Buchstaben des Vornamens deiner Mutter		Die ersten beiden Buchstaben des Vornamens deines Vaters	

1. Ich bin ☐ männlich ☐ weiblich

2. Du findest hier eine Reihe von Behauptungen. Gib bitte an, wie sehr sie deiner Meinung nach stimmen.

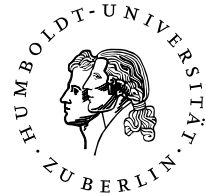
	stimmt gar nicht	stimmt wenig	stimmt ziemlich	stimmt völlig
1. Beim Experimentieren habe ich mich nicht wohl gefühlt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Dass wir im UniLab Experimente durchgeführt haben, erscheint mir sinnvoll.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Die Durchführung der Experimente war langweilig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Die Experimente haben mir keinen Spaß gemacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Dass wir im UniLab Experimente durchgeführt haben, ist mir persönlich wichtig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Beim Experimentieren ist die Zeit sehr langsam vergangen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Der Besuch im UniLab ist für mich persönlich von Bedeutung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Ich werde mit Freunden, Eltern oder Geschwistern über Dinge gesprochen, die ich im UniLab erlebt habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Ich werde außerhalb des Unterrichts über Dinge nachdenken, die wir im UniLab gesehen oder angesprochen haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Ich werde in Büchern nachlesen, um mehr Informationen über das im UniLab behandelte Thema zu bekommen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Ich würde gerne mehr über die Experimente lernen, die wir im UniLab durchgeführt haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Solche Experimente, wie wir sie im UniLab durchgeführt haben, würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Individuelles Interesse

HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN

Institut für Physik, Didaktik der Physik

Pascal Guderian



Datum:

Fragebogen zur Entwicklung des Individuellen Interesses an Physik

Liebe Schülern, lieber Schüler,

mit diesem Fragebogen möchten wir deine Meinung zur Physik kennen lernen. Hierbei handelt es sich nicht um einen Test oder eine Klassenarbeit. In diesem Fragebogen gibt es keine falschen Antworten. Gib die Antworten, die für dich am besten passen.

Dauer: ca. 20 Minuten

Anleitung:

- Bitte lies jede Frage sorgfältig durch und beantworte sie so genau wie möglich.
- Mache als Antwort pro Frage bitte nur ein Kreuz in die Kästchen.
- Beantworte bitte alle Fragen.

Damit Fragebögen zu unterschiedlichen Zeitpunkten einander zugeordnet werden können, man aber nicht weiß, wer genau den Fragebogen ausgefüllt hat, wird jeder befragten Person ein Erkennungscode zugeordnet. Fülle diesen bitte zunächst aus.

ERKENNUNGSCODE

Die ersten beiden Buchstaben des Vornamens deiner Mutter		Die ersten beiden Buchstaben des Vornamens deines Vaters	

Gib bitte an, wie oft du die folgenden Dinge, die mit Physik und Technik zu tun haben, in deiner Freizeit tust (getan hast).

	sehr oft	oft	manch- mal	selten	nie
1. Mehr darüber erfahren, wie Farben am Himmel zustande kommen (Himmelsblau, Abendrot, Regenbogen).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Mehr darüber erfahren, was Wärme eigentlich ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ein einfaches optisches Gerät (z.B. Mikroskop, Fernrohr oder Fotoapparat) aus Glaslinsen und schwarzer Pappe selbst bauen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Darüber diskutieren, welchen Sinn Lärmschutzverordnungen haben und an wen man sich bei Lärmbelästigungen wenden kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Mehr Einblick erhalten, welche künstlichen Organe (z.B. Herz als Blutpumpe) und Gelenke heute in der Medizin zur Verfügung stehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Mehr darüber erfahren, wie das Wetter zustande kommt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Sich ein Sicherheitsfahrzeug ausdenken, in dem auch bei schweren Unfällen Fahrer und Beifahrer wenig oder nichts passiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Aus geeigneten Materialien (z.B. Holzwolle, Stroh, Glaswolle) einfache Warmhaltegefäße bauen und ausprobieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Berechnen, wie groß das Bild eines Gegenstands ist, der mit Hilfe einer Glaslinse auf einer Leinwand abgebildet wird.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	sehr oft	oft	manch- mal	selten	nie
10. Mehr Einblick erhalten, wie Mikroskope oder Spiegel in einer Arztpraxis Verwendung finden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Mehr darüber erfahren, wovon die Höhe und die Lautstärke eines Tons abhängen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Mehr darüber erfahren, wie schädlich Lärm sein kann und wie man sich davor schützen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Mehr darüber erfahren, wie Blitze entstehen und wie sie wirken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Die Stromstärke beim Anschluss mehrerer Geräte berechnen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Sich ein Gerät ausdenken, mit dem Farbenblinde Farben unterscheiden können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Mehr darüber erfahren, durch welche Maßnahmen bei Häusern viel Wärme gespart und wie die Sonnenenergie besser genutzt werden kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Mit einem Gerät die Lautstärke verschiedener Lärmquellen messen (z.B. Verkehr, laute Musik).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Sich Versuche ausdenken, mit denen man die Eigenschaften von Elektromagneten untersuchen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Sich mit Unfallstatistiken beschäftigen und über den Sinn von Geschwindigkeitsbegrenzungen diskutieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. Mehr darüber erfahren, wie man die Lichtbrechung mathematisch berechnen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21. Mehr darüber erfahren, wie in einem Haus Lichtleitungen verlegt und abgesichert sind.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Messwerte zum Einfluss des individuellen Interesses auf das aktuelle Interesse der Schüler der 5. Klassen (Kapitel 7.4)

Messzeitpunkt	emotional		wertbezogen		epistemisch	
	Mittelwert	<i>SD</i>	Mittelwert	<i>SD</i>	Mittelwert	<i>SD</i>
0	3.71	0.36	3.74	0.46	3.37	0.49
1	3.65	0.46	3.41	0.65	3.00	0.74
2	3.64	0.48	3.62	0.53	3.11	0.63
3	3.52	0.73	3.20	0.78	2.91	0.76
4	3.64	0.64	3.46	0.70	3.05	0.82
5	3.49	0.76	3.23	0.77	2.92	0.79

Tabelle 11.1: Messdaten zum aktuellen Interesse für die Gruppe mit hohem Vorinteresse ($n = 23$, *SD*: Standardabweichung).

Messzeitpunkt	emotional		wertbezogen		epistemisch	
	Mittelwert	<i>SD</i>	Mittelwert	<i>SD</i>	Mittelwert	<i>SD</i>
0	3.62	0.39	3.38	0.53	3.07	0.61
1	3.44	0.49	3.29	0.61	2.59	0.64
2	3.48	0.47	3.25	0.49	2.72	0.67
3	3.14	0.49	2.98	0.55	2.41	0.69
4	3.55	0.45	3.19	0.64	2.74	0.77
5	3.30	0.58	2.92	0.72	2.58	0.79

Tabelle 11.2: Messdaten zum aktuellen Interesse für die Gruppe mit niedrigem Vorinteresse ($n = 21$, *SD*: Standardabweichung).

Paar	Δ	SD	t	p	d
	emotionale Komponente				
0 \rightarrow 1	0.07	0.23	1.37	.186	n.s.
1 \rightarrow 2	0.01	0.30	0.18	.862	n.s.
2 \rightarrow 3	0.12	0.50	1.15	.263	n.s.
3 \rightarrow 4	-0.12	0.47	-1.22	.235	n.s.
4 \rightarrow 5	0.16	0.47	1.56	.134	n.s.
	wertbezogene Komponente				
0 \rightarrow 1	0.33	0.44	3.65	.001	0.51
1 \rightarrow 2	-0.22	0.37	-2.81	.010	0.37
2 \rightarrow 3	0.42	0.62	3.24	.004	0.63
3 \rightarrow 4	-0.26	0.38	-3.33	.003	0.35
4 \rightarrow 5	0.23	0.35	3.14	.005	0.31
	epistemische Komponente				
0 \rightarrow 1	0.37	0.73	2.39	.026	0.58
1 \rightarrow 2	-0.11	0.56	-0.97	.342	n.s.
2 \rightarrow 3	0.20	0.66	1.45	.161	n.s.
3 \rightarrow 4	-0.14	0.49	-1.36	.188	n.s.
4 \rightarrow 5	0.13	0.52	1.19	.246	n.s.

Tabelle 11.3: t-Tests bei gepaarten Stichproben zwischen den Messzeitpunkten des aktuellen Interesses der Gruppe mit hohem Vorinteresse ($df = 22$). Δ : Differenz der Mittelwerte, SD : Standardabweichung der Differenz, t : Prüfgröße des t-Tests, p : Signifikanzniveau, d : Effektstärke.

Paar	Δ	SD	t	p	d
	emotionale Komponente				
0 \rightarrow 1	0.18	0.40	2.06	.052	n.s.
1 \rightarrow 2	-0.04	0.33	-0.50	.624	n.s.
2 \rightarrow 3	0.33	0.51	3.01	.007	0.69
3 \rightarrow 4	-0.40	0.50	-3.73	.001	0.86
4 \rightarrow 5	0.25	0.55	2.07	.052	n.s.
	wertbezogene Komponente				
0 \rightarrow 1	0.01	0.61	0.72	.480	n.s.
1 \rightarrow 2	0.03	0.45	0.33	.748	n.s.
2 \rightarrow 3	0.27	0.40	3.07	.006	0.52
3 \rightarrow 4	-0.21	0.70	-1.35	.194	n.s.
4 \rightarrow 5	0.27	0.76	1.62	.121	n.s.
	epistemische Komponente				
0 \rightarrow 1	0.48	0.68	3.21	.004	0.76
1 \rightarrow 2	-0.13	0.63	-0.96	.346	n.s.
2 \rightarrow 3	0.31	0.59	2.45	.024	0.46
3 \rightarrow 4	-0.33	0.55	-2.80	.011	0.46
4 \rightarrow 5	0.16	0.72	1.03	.315	n.s.

Tabelle 11.4: t-Tests bei gepaarten Stichproben zwischen den Messzeitpunkten des aktuellen Interesses der Gruppe mit niedrigem Vorinteresse ($df = 20$).

Messwerte zu den Geschlechterunterschieden der Schüler aus den 5. Klassen (Kapitel 7.5)

Messzeitpunkt	emotional		wertbezogen		epistemisch	
	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
0	3.75	0.36	3.60	0.47	3.37	0.49
1	3.60	0.46	3.41	0.54	2.82	0.70
2	3.67	0.45	3.48	0.53	2.95	0.67
3	3.44	0.56	3.05	0.63	2.66	0.78
4	3.73	0.29	3.32	0.48	2.85	0.83
5	3.51	0.61	3.08	0.69	2.75	0.78

Tabelle 11.5: Messdaten des aktuellen Interesses der Mädchen ($n = 25$, SD: Standardabweichung).

Messzeitpunkt	emotional		wertbezogen		epistemisch	
	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
0	3.56	0.37	3.56	0.57	3.10	0.62
1	3.51	0.49	3.24	0.71	2.77	0.72
2	3.45	0.48	3.41	0.56	2.91	0.66
3	3.19	0.73	3.19	0.75	2.70	0.76
4	3.39	0.72	3.30	0.86	2.92	0.75
5	3.20	0.77	3.06	0.90	2.73	0.82

Tabelle 11.6: Messdaten des aktuellen Interesses der Jungen ($n = 21$, D: Standardabweichung).

Paar	Δ	SD	t	p	d
emotionale Komponente					
0 \rightarrow 1	0.15	0.32	2.32	.029	0.36
1 \rightarrow 2	-0.70	0.28	-1.23	.230	n.s.
2 \rightarrow 3	0.23	0.45	2.55	.017	0.45
3 \rightarrow 4	-0.29	0.53	-2.74	.011	0.65
4 \rightarrow 5	0.22	0.50	2.19	.038	0.46
wertbezogene Komponente					
0 \rightarrow 1	0.19	0.42	2.22	.036	0.37
1 \rightarrow 2	-0.07	0.36	-0.92	.364	n.s.
2 \rightarrow 3	0.43	0.52	4.08	.000	0.74
3 \rightarrow 4	-0.27	0.41	-3.27	.003	0.48
4 \rightarrow 5	0.24	0.51	2.34	.028	0.40
epistemische Komponente					
0 \rightarrow 1	0.54	0.65	4.16	.000	0.89
1 \rightarrow 2	-0.13	0.44	-1.45	.161	n.s.
2 \rightarrow 3	0.29	0.57	2.53	.018	0.40
3 \rightarrow 4	-0.18	0.49	-1.88	.072	n.s.
4 \rightarrow 5	.10	0.59	0.81	.425	n.s.

Tabelle 11.7: t-Tests bei gepaarten Stichproben zwischen den Messzeitpunkten bei den Mädchen ($df = 24$).

Paar	Δ	SD	t	p	d
	emotionale Komponente				
0 \rightarrow 1	0.05	0.33	0.66	.518	n.s.
1 \rightarrow 2	0.06	0.33	0.84	.411	n.s.
2 \rightarrow 3	0.26	0.63	1.91	.071	n.s.
3 \rightarrow 4	-0.20	0.48	-1.91	.070	n.s.
4 \rightarrow 5	0.19	0.56	1.52	.145	n.s.
	wertbezogene Komponente				
0 \rightarrow 1	0.32	0.67	2.17	.042	0.50
1 \rightarrow 2	-0.17	0.49	-1.63	.118	n.s.
2 \rightarrow 3	0.22	0.51	2.00	.059	n.s.
3 \rightarrow 4	-0.11	0.75	-0.68	.504	n.s.
4 \rightarrow 5	0.24	0.77	1.42	.171	n.s.
	epistemische Komponente				
0 \rightarrow 1	0.33	0.76	2.03	.056	n.s.
1 \rightarrow 2	-0.14	0.72	-0.91	.375	n.s.
2 \rightarrow 3	0.21	0.68	1.42	.171	n.s.
3 \rightarrow 4	-0.22	0.63	-1.60	.126	n.s.
4 \rightarrow 5	0.19	0.63	1.38	.184	n.s.

Tabelle 11.8: t-Tests bei gepaarten Stichproben zwischen den Messzeitpunkten bei den Jungen ($df = 20$).

Messwerte zum Einfluss des individuellen Interesses auf das aktuelle Interesse der Schüler der 8. Klassen mit Einbindung (Kapitel 8.4)

Messzeitpunkt	emotional		wertbezogen		epistemisch	
	Mittelwert	<i>SD</i>	Mittelwert	<i>SD</i>	Mittelwert	<i>SD</i>
1	3.24	0.41	2.55	0.49	2.26	0.63
2	3.59	0.38	2.73	0.62	2.39	0.62
3	3.18	0.52	2.78	0.78	2.47	0.64
4	3.37	0.56	2.75	0.73	2.54	0.71
5	3.29	0.41	2.82	0.62	2.48	0.71

Tabelle 11.9: Messdaten zum aktuellen Interesse für die Gruppe mit hohem Vorinteresse ($n = 17$, *SD*: Standardabweichung).

Messzeitpunkt	emotional		wertbezogen		epistemisch	
	Mittelwert	<i>SD</i>	Mittelwert	<i>SD</i>	Mittelwert	<i>SD</i>
1	3.21	0.64	2.76	0.62	2.31	0.57
2	3.43	0.55	2.56	0.66	2.20	0.59
3	2.97	0.72	2.39	0.73	2.12	0.70
4	2.96	0.69	2.26	0.65	2.14	0.62
5	2.90	0.61	2.37	0.67	1.99	0.68

Tabelle 11.10: Messdaten zum aktuellen Interesse für die Gruppe mit niedrigem Vorinteresse ($n = 18$, *SD*: Standardabweichung).

Paar	Δ	SD	t	p	d
	emotionale Komponente				
1 \rightarrow 2	-0.35	0.51	-2.86	.011	0.88
2 \rightarrow 3	0.41	0.63	2.69	.016	0.90
3 \rightarrow 4	-0.20	0.59	-1.38	.187	n.s.
4 \rightarrow 5	0.08	0.61	0.53	.606	n.s.
	wertbezogene Komponente				
1 \rightarrow 2	-0.18	0.52	-1.42	.177	n.s.
2 \rightarrow 3	-0.06	0.54	-0.45	.661	n.s.
3 \rightarrow 4	0.04	0.61	0.265	.795	n.s.
4 \rightarrow 5	-0.08	0.51	-0.64	.533	n.s.
	epistemische Komponente				
1 \rightarrow 2	-0.13	0.41	-1.32	.207	n.s.
2 \rightarrow 3	-0.08	0.57	-0.60	.560	n.s.
3 \rightarrow 4	-0.07	0.53	-0.55	.590	n.s.
4 \rightarrow 5	0.06	0.47	0.51	.615	n.s.

Tabelle 11.11: t-Tests bei gepaarten Stichproben zwischen den Messzeitpunkten der emotionalen Komponente der Gruppe mit hohem Vorinteresse ($df = 20$).

Paar	Δ	SD	t	p	d
emotionale Komponente					
1 \rightarrow 2	-0.22	0.87	-1.06	.304	n.s.
2 \rightarrow 3	0.45	0.91	2.11	.050	0.72
3 \rightarrow 4	0.01	0.67	0.09	.931	n.s.
4 \rightarrow 5	0.06	0.71	0.332	.744	n.s.
wertbezogene Komponente					
1 \rightarrow 2	0.20	0.70	1.24	.232	n.s.
2 \rightarrow 3	0.17	0.81	0.87	.395	n.s.
3 \rightarrow 4	0.13	0.49	1.13	.274	n.s.
4 \rightarrow 5	-0.11	0.63	-0.75	.462	n.s.
epistemische Komponente					
1 \rightarrow 2	0.11	0.68	0.69	.500	n.s.
2 \rightarrow 3	0.08	0.70	0.47	.645	n.s.
3 \rightarrow 4	-0.02	0.45	-0.21	.836	n.s.
4 \rightarrow 5	0.16	0.49	1.36	.193	n.s.

Tabelle 11.12: t-Tests bei gepaarten Stichproben zwischen den Messzeitpunkten der Gruppe mit niedrigem Vorinteresse ($df = 20$).

Messwerte zu den Geschlechterunterschieden der Schüler aus den 5. Klassen (Kapitel 8.5)

Messzeitpunkt	emotional		wertbezogen		epistemisch	
	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
1	3.27	0.43	2.47	0.55	2.28	0.56
2	3.38	0.59	2.36	0.56	2.09	0.63
3	2.97	0.45	2.27	0.62	2.11	0.67
4	3.24	0.60	2.33	0.75	2.29	0.70
5	3.23	0.68	2.42	0.65	2.11	0.82

Tabelle 11.13: Messdaten des aktuellen Interesses der Mädchen ($n = 15$, SD: Standardabweichung).

Messzeitpunkt	emotional		wertbezogen		epistemisch	
	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	Mittelwert	SD
1	3.20	0.58	2.80	0.52	2.33	0.61
2	3.52	0.53	2.86	0.62	2.40	0.63
3	3.14	0.72	2.83	0.77	2.45	0.67
4	3.15	0.69	2.73	0.76	2.47	0.74
5	3.05	0.46	2.80	0.71	2.40	0.68

Tabelle 11.14: Messdaten des aktuellen Interesses der Jungen ($n = 22$, SD: Standardabweichung).

Paar	Δ	SD	t	p	d
emotionale Komponente					
1 \rightarrow 2	-0.12	0.69	-0.66	.521	n.s.
2 \rightarrow 3	0.42	0.75	2.16	.049	0.78
3 \rightarrow 4	-0.27	0.81	-1.31	.212	n.s.
4 \rightarrow 5	0.12	0.64	0.74	.470	n.s.
wertbezogene Komponente					
1 \rightarrow 2	0.11	0.57	0.75	.465	n.s.
2 \rightarrow 3	0.09	0.41	0.85	.413	n.s.
3 \rightarrow 4	-0.07	0.63	-0.41	.689	n.s.
4 \rightarrow 5	-0.09	0.46	-0.75	.469	n.s.
epistemische Komponente					
1 \rightarrow 2	0.19	0.63	1.15	.270	n.s.
2 \rightarrow 3	-0.01	0.63	-0.08	.935	n.s.
3 \rightarrow 4	-0.19	0.77	-0.94	.363	n.s.
4 \rightarrow 5	0.18	0.50	1.40	.184	n.s.

Tabelle 11.15: t-Tests bei gepaarten Stichproben zwischen den Messzeitpunkten bei den Mädchen ($df = 14$).

Paar	Δ	SD	t	p	d
	emotionale Komponente				
1 \rightarrow 2	-0.31	0.80	-1.85	.078	n.s.
2 \rightarrow 3	0.38	0.82	2.20	.040	0.60
3 \rightarrow 4	-0.01	0.47	-0.11	.910	n.s.
4 \rightarrow 5	0.10	0.71	0.68	.504	n.s.
	wertbezogene Komponente				
1 \rightarrow 2	-0.06	0.67	-0.42	.676	n.s.
2 \rightarrow 3	0.03	0.82	0.17	.864	n.s.
3 \rightarrow 4	0.11	0.55	0.908	.374	n.s.
4 \rightarrow 5	-0.08	0.62	-0.58	.571	n.s.
	epistemische Komponente				
1 \rightarrow 2	-0.07	0.63	-0.54	.593	n.s.
2 \rightarrow 3	-0.05	0.67	-0.32	.753	n.s.
3 \rightarrow 4	-0.03	0.29	-0.44	.665	n.s.
4 \rightarrow 5	0.08	0.45	0.81	.427	n.s.

Tabelle 11.16: t-Tests bei gepaarten Stichproben zwischen den Messzeitpunkten bei den Jungen ($df = 21$).

Danksagung

Ganz im Sinne einer interessenfördernden Maßnahme haben viele Menschen in meinem Umfeld ihren Anteil bei der Anfertigung der vorliegenden Arbeit gehabt.

Nennen möchte ich zunächst Prof. Dr. Lutz-Helmut Schön, der mir sein Vertrauen geschenkt und die Möglichkeit gegeben hat, in seiner Arbeitsgruppe zu promovieren. Seine Bereitschaft, mir Freiheiten zuzugestehen und die selbständige Forschungsarbeit zu fördern trug einen großen Teil zum Autonomieerleben bei.

Den Mitgliedern der Arbeitsgruppe gebührt ebenso ein großer Dank. So haben viele kritische Diskussionen einen bedeutsamen Beitrag dazu geleistet, dass aus einer Idee eine "anständige" Forschungsfrage hervorging. Das zielgerichtete Bohren in wunden Punkten trieb immer wieder dazu an, mich noch intensiver und genauer mit den Problemen zu befassen. Ein zunehmendes Kompetenzerleben im Laufe der Zeit blieb dabei nicht aus. Besonders dankbar bin ich in diesem Zusammenhang den "Großen" Johannes Grebe-Ellis und vor allem Burkhard Priemer, die mir immer mit Rat und Tat zur Seite standen. Ohne jene Unterstützung wäre die vorliegende Arbeit in dieser Form nicht zustande gekommen. Zusammen mit Maria Ploog, Dr. Renate Brechel, Claudia Handtke, Götz Wogenstein, Franz Boczianowski, Tanja Tajmel, Gabriele Krüger, Hartmut Kesper und Dominik Essing bildeten sie ein Umfeld, das nicht nur fachlich bereichernd war. Ganz besonderen Dank gebührt Gabriela Ernst, die mir bei der Umsetzung der Schülerlabormodule und der Organisation der Besuche der Schulklassen eine außerordentlich große Hilfe war. Ohne sie wäre die Untersuchung ebenfalls nicht möglich gewesen. Auch unsere studentischen Hilfskräfte André Galuschko, Stefan Uhlmann, Robert Teichert, Christian Mohnke und Wiebke Krambeck waren bei der Ausführung der Module immer hilfsbereit.

Bedanken möchte ich mich natürlich auch bei allen an der Untersuchung beteiligten Schülern und ihren Lehrern Frau Fricke, Frau Kaiser, Frau Neuhaus, Frau Olszak, Herr Thiel und Frau Wehelye, die ihre wertvolle Unterrichtszeit für meine Untersuchung "geopfert" haben.

Ein ganz persönlicher Dank geht schließlich an Karin Geil, die die schlechte Laune ihres Freundes nach so manchen Arbeitstagen mit großer Geduld über sich hat ergehen lassen. Diese Art sozialer Eingebundenheit half mir immer wieder über die Täler hinweg und gab mir Mut, die nächsten Gipfel zu erstürmen. Natürlich danke ich auch meinen Eltern, ohne deren finanzielle Unterstützung ich erst gar nicht in den Genuss eines Studiums gekommen wäre.

Vielen Dank für das Erreichen der dritten Stufe...

Erklärung

Hiermit erkläre ich, die Dissertation selbständig und nur unter Verwendung der angegebenen Hilfen und Hilfsmittel angefertigt zu haben.

Ich habe mich anderwärts nicht um einen Doktorgrad beworben und besitze einen entsprechenden Doktorgrad nicht.

Ich erkläre die Kenntnisnahme der dem Verfahren zugrunde liegenden Promotionsordnung der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät I der Humboldt-Universität zu Berlin.

Berlin, den 1. November 2006

Pascal Guderian